H2DREAM! 삼척

KNU 강원대학교 KANGWON NATIONAL UNIVERSITY

2026 제1차 삼척시 탄소중립 콜로키움

탄소중립을 위한 액체수소와 암모니아

글로벌 액체수소 공급 인프라와 암모니아 저장기지



강원대학교 삼척캠퍼스 그린에너지공학과

권병완 교수

일시: 26.05.18

환경부 Ministry of Environment

삼척시 SAMCHEOK CITY

SCNC 삼척시탄소중립지원센터 Samcheok-si Carbon Neutrality Support Center

SAMPYO Cement

시멘트산업사회공헌재단 Cement Industry Social Contribution Foundation

목 차



0. 삼척시 액화수소 공급 인프라 사업 개요

- 글로벌 액체수소 공급 인프라 실증지 최종 선정!

1. 탄소중립과 에너지 패러다임의 변화

- 글로벌 기후 위기의 심각성
- 글로벌 기후 행동
- 탄소중립의 정의 및 역할
- 탄소중립 기술
- 대한민국의 에너지 정책
- 국가 수소 경제 이행 로드맵 소개

2. 수소 에너지

- 수소 에너지 소개
- 수소 에너지의 분류
- 수소 에너지의 생산
- 수소 에너지 비교
- 수소 저장 기술
- 수소 저장 방식 비교

3. 액화수소

- 액화수소 소개
- 액화수소 기술
- 액화수소 저장 및 인프라
- 액화수소 충전소
- 국내 액화수소 기업 동향
- 강원지역 액화수소 전략

4. 암모니아

- 암모니아 소개
- 암모니아 생산
- 암모니아 저장·운송
- 암모니아 분해 그린수소 생산
- 국내 암모니아 도입 전략
- 암모니아 수소 저장 방식 비교

5. 글로벌 수소 사회

- 동아시아 수소 에너지 시장
- 유럽 수소 에너지 시장
- 북아메리카 수소 에너지 시장
- 서아시아 수소 에너지 시장
- 기타 주요국 수소 에너지 시장
- 전 세계 주요국 수소 전략 핵심 요약

6. 근미래 수소 사회 인프라

- 수소 배관망 네크워크
- AI기반 수소 에너지 시스템
- 최신 수소 에너지 제품 가격
- 근미래 수소 사회

삼척시 액화수소 공급 인프라 사업 개요 글로벌 액체수소 공급 인프라 실증지 최종 선정!

2021년도 제2차 예비타당성조사 보고서

수소 저장·운송 클러스터 구축사업 [1)]

〈위치도 및 배치도〉





KBS 뉴스

뉴스9(강릉)

'액체수소 공급 인프라 기술개발' 실증지 삼척 선정 [2)]

입력 2026.02.27 (22:14) | 수정 2026.02.27 (22:18)

AI 요약



이전 영동지역 곳곳 일제 수탈…역사의 흔적 기억해야

삼척 정월대보름제 개막…정월대보름 기념행사 잇따라 다음

삼척시가 정부가 추진하는 글로벌 액체수소 공급 인프라 건설의 기술개발 사업 실증지로 최종 선정됐습니다.

이번 사업은 국비 2,668억 원이 투입되는 국가 R&D 프로젝트로 초저온 액체수소의 저장과 운송, 하역 등을 검증하게 됩니다.

수소 저장·운송 클러스터 구축사업

- 기간: 24. 01 ~ 28. 12
- 사업비: 3,177 억 원
- 액화수소플랜트 조성
- 수소 저장·운송 실증 테스트베드
- 산업진흥센터–안전성시험센터–산학캠퍼스 연계

글로벌 액체수소 공급 인프라 건설 기술개발 사업 프로젝트

- 기간: 2028 ~ 2034
- 사업비: 2,668억 원
- 5 톤/day 수소 액화 플랜트
- 4,000 m^3(약 280 톤)급 저장 및 하역 실증터미널
- 2028년 착공, 2034년 실증 완료 목표
- 실증 이후 40,000 m^3급 상용 인수기지로의 확장

출처: 1)2021년도 제2차 예비타당성조사 보고서, 수소 저장 운송 클러스터 구축사업, 한국조세재정연구원 2021, 2)액체수소 공급 인프라 기술개발 실증지 삼척 선정, KBS뉴스, 2026

삼척시 액화수소 공급 인프라 사업 개요 글로벌 액체수소 공급 인프라 실증지 최종 선정!

글로벌 액체수소 공급 인프라 건설 기술개발 사업대상지 위치도 및 조감도





국내 수소 수요 전망



※ 제 1차 수소경제 이행 기본계획('21)

기체/액화 수소 운송 비교

	기체 운송	액화 운송
안전성	200기압 이상	3기압 이하
경제성	1회 200kg 내외 [수소차 50대]	1회 2,000kg [기체대비 10배]

액화수소 산업생태계 완성



< 수소 저장·운송 클러스터 기업지원 기반시설 > [1]

저장·운송 산업진흥센터

입주기업 사업화 지원 플랫폼
→ 기술개발 및 사업화 촉진 프로그램 지원 예정

규모	부지면적 10,786m², 연면적 8,268m²
예산	268.6억원(지방비 100%)

저장·운송 실증 테스트베드

입주기업 기술·제품 검증 플랫폼
→ 실제 수소충전소 모사환경을 제공하여 사업화 기간을 단축

규모	부지면적 4,670m², 연면적 1,350m²
예산	140.1억원(국비 64.5%, 지방비 35.5%)

저장·운송 안전성 시험센터

입주기업 기술·제품 시험인증
→ 국내 인증기관(영월)과 연계 시험인증 서비스 제공 예정

규모	부지면적 3,595m², 연면적 2,756m²
예산	233.6억원(국비 55.3%, 지방비 44.7%)

인프라 구축기

- 액화수소 맞춤형 실증 테스트베드 구축
- 대규모 수소 액화플랜트 구축
- 산업성장 기초 기반 확보

생태계 고도화

- 공공–민간 협력형 시범사업 추진
- 액화수소 중심 저장·운송·충전 기술확보
- 수소유통 생태계 전환, 모빌리티 활용 확대

액화수소 유통 인프라
액화수소 충전기술
국제표준, 해외진출

출처: [1]수소특화단지 지정 및 지원방안, 산업통상자원부, 2024



탄소중립과

에너지 패러다임의 변화

글로벌 기후 위기의 심각성 탄소중립과 에너지 패러다임의 변화

지구 온난화의 가속화



- 아마존 열대우림 붕괴
- 산호초 소멸
- 대서양 해류순환 정지
- 빙하 붕괴

➢ 1.1/1.5 ℃ (티핑포인트)

1)

‘국지성 집중호우’ 침수 피해도 중대재해

장마 시작, 호우 피해 사전예방 어려운데
관련 사고 인명피해 발생 시 처벌 받아



예측불허의 국지성 집중호우에 따른 피해를 줄이기 위한 사전대책이 시급하다. 단시간 많은 양의 강한 비를 뿌리는 국지성 집중호우는 피해 예방에 한계가 있고 피해 규모도 예상하기 힘들어서다. 자치구가 관리하는 하상주차장, 하상도로는 공공시설물로 포함돼 이곳에서 관련 사고가 발생할 경우 올해부터 중대시민재해에 적용된다.

2)

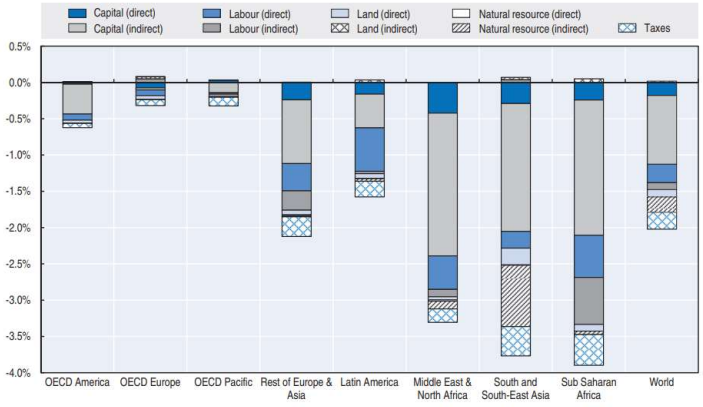
<해수면.7> 침수 위기..수상도시 베니스



3)

Figure 2.12. **Sources of damages from selected climate change impacts by production factor, central projection**

Percentage change in GDP in 2060 w.r.t. no-damage baseline



이상 기후의 일상화

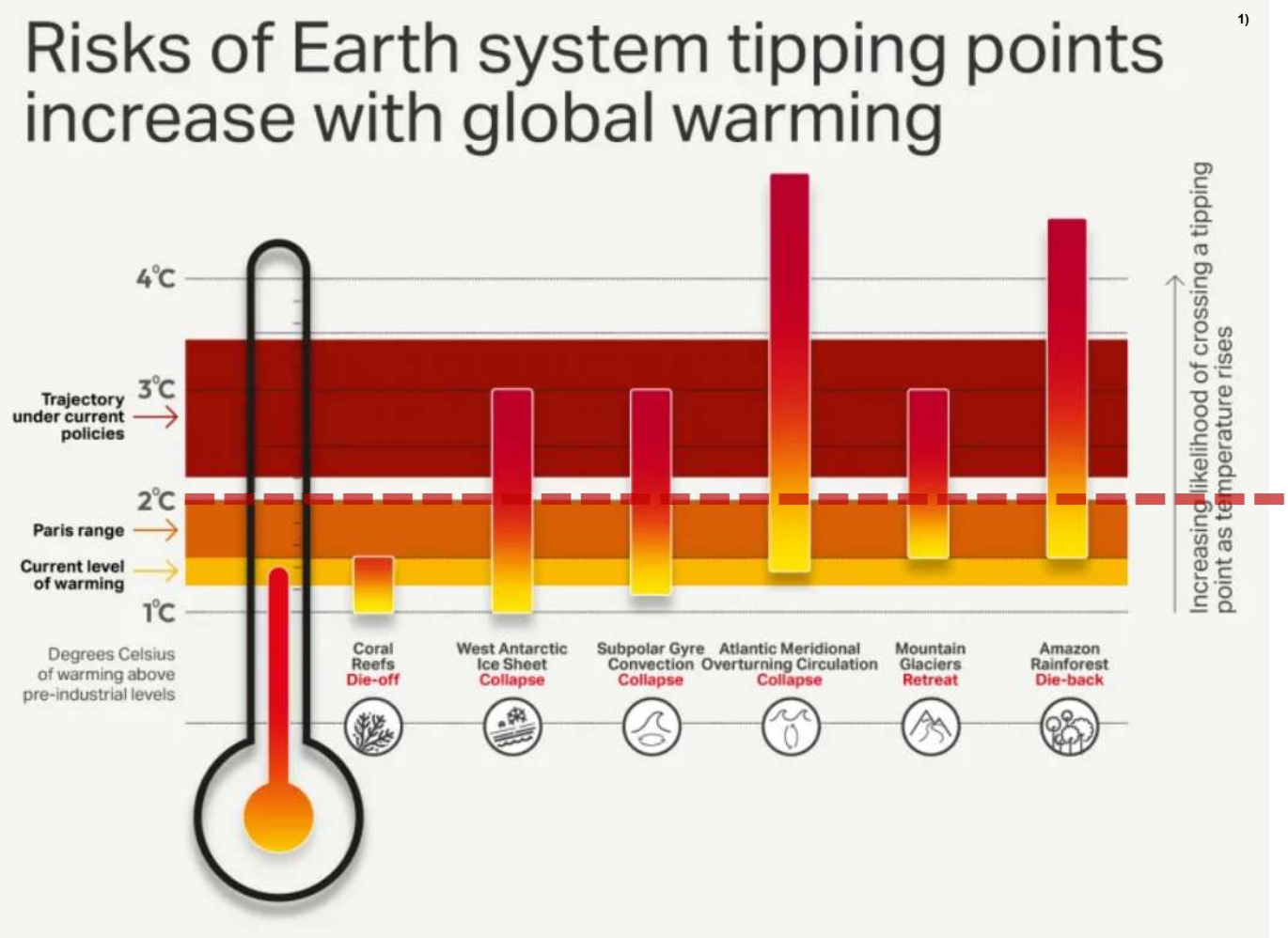
- 국지성 집중호우
- 해수면 상승 – 거주 불능 지역 확대
- 열돔 현상
- 대기 환경 오염
- 수산 자원, 농작물 자원 생태계 변화

경제적 손실

- 글로벌 GDP의 2% 손실
- 개발도상국 > 선진국 – 치명적 발전 저하
- 시설 파괴, 생산성 저하
- 공급망 및 인프라 마비
- 식량 및 에너지 안보 ↑

출처: 1)국지성 집중호우‘ 침수 피해도 중대재해, 금강일보 2022, 2)<해수면?> 침수위기, 수상도시 베니스, G1강원일보 2025, 3)The Economic Consequences of Climate Change, OECD 2015

글로벌 기후 위기의 심각성 탄소중립과 에너지 패러다임의 변화



2 ℃ 상승

- 해수면 상승
- 생태계 파괴
- 이상 기후
- 건강 악화
- 인구 감소

1.5 ℃ 상승

- 평균 온도 상승
- 호우 및 가뭄 피해
- 해양 어획량 피해
- 생태계 ½ 상실

출처: 1)Global Tipping Points report 2025, Armstrong McKay et al. 2022

글로벌 기후 행동 탄소중립과 에너지 패러다임의 변화

기후 · 에너지 분야 글로벌 거버넌스

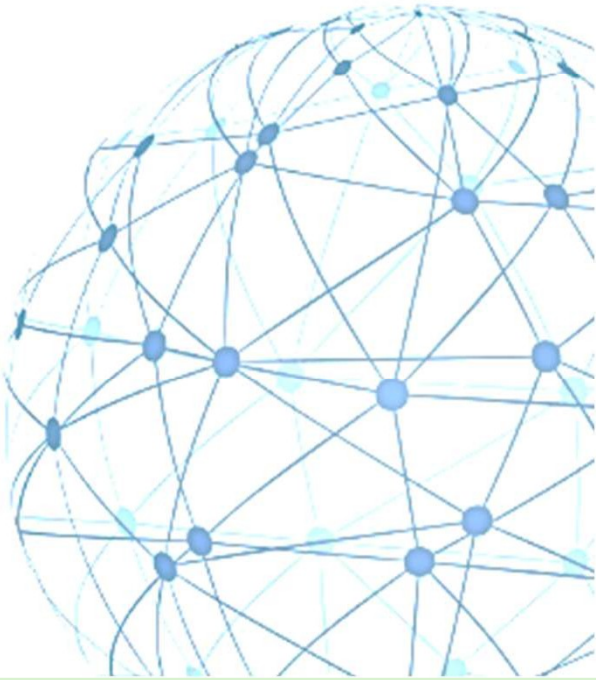
- IPCC, IEA, IRENA – **국가 간 협의**를 통해 과학적 근거를 토대로 **에너지 정책 방향을 결정**
- IPHE – 수소 기술 표준화, 국제 조율을 위한 **정부 간 협력체**
- Hydrogen Council, SBTi – **기업**의 실질적인 감축 목표 인증

CLIMATE GROUP RE100 Renewable Energy 100%

- RE100은 기업이 사용하는 **전력의 100%를 재생에너지로 충당**하고자 하는 글로벌 기업 협력 이니셔티브
- **100% for 2050** (60% for 2030 | 90% for 2040)
- 태양광, 풍력, 수력, 지역, 바이오매스의 에너지만을 인정하고 **원자력 및 천연가스 발전은 제외**함
- 국내 **K-RE100에는 1,444개의 기업**이 참여중임 (총 재생에너지 사용량: 351 GWh)

European Commission | Carbon Border Adjustment Mechanism; 탄소국경조정제도

- EU로 수입되는 제품 중 **탄소 배출량이 많은 제품에 대해 탄소 가격을 부과하는 제도**
- 2026년 1분기 인증서 가격: **€75.36/t_{CO2}** (한국의 K-ETS가격 = €18)
- 대표 무역 제품: 철강, 알루미늄, 시멘트, 비료, 전력, 수소 등



탄소중립 정의

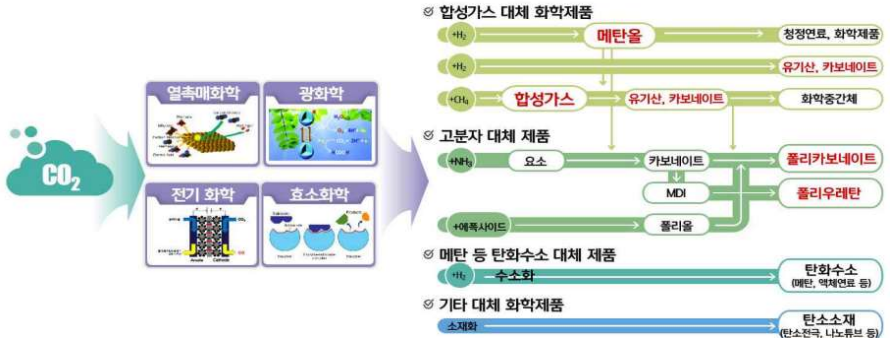
대기 중 온실가스 농도 증가를 막기 위해 인간 활동에 의한 **배출량을 감소**시키고,

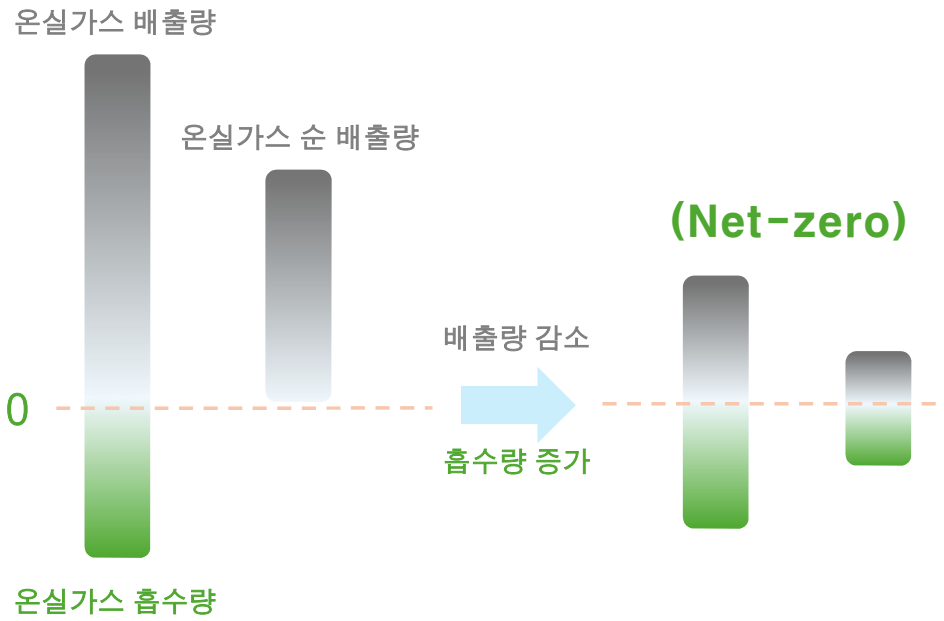
흡수량을 증대하여 **순 배출량이** '0'(Net-zero)이 되는 것

1) < CO_2 포집 기술 개념도 >



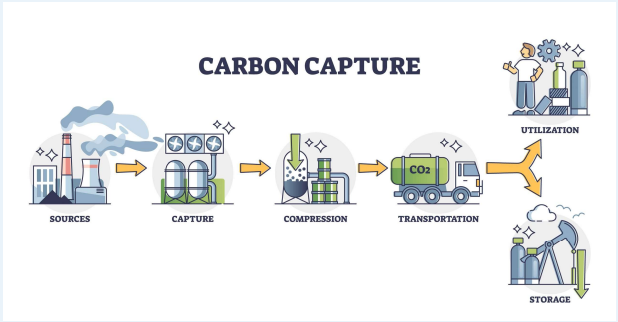
1) < CO_2 화학전환 기술 개념도 >





출처: 1)이산화탄소 포집, 활용(CCU) 기술혁신 로드맵(안), 관계부처 합동 보고서 2021

탄소중립 기술 탄소중립과 에너지 패러다임의 변화



Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS)

산업공정 **이산화탄소 포집**

이산화탄소 저장

이산화탄소 전환&활용

추가 에너지 소모, **추가 비용**,

저장지 확보 및 안전성



재생에너지

Renewable Energy

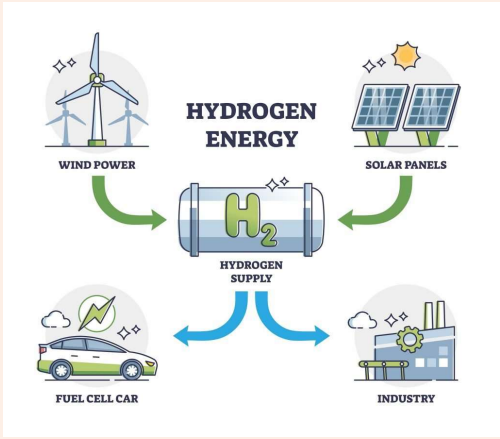
탄소 발생 X

태양광, 수력, 풍력 등 자연 에너지 활용

가장 깨끗한 에너지

간헐성, 입지 제약,

추가 전력망 구축



수소 에너지

Hydrogen Energy

연료전지를 통한 전력 생산

재생에너지의 저장 수단

탄소 제로

시스템 효율, 저장 및 운송,

초기 인프라 비용

대한민국의 에너지 정책 탄소중립과 에너지 패러다임의 변화

탄소중립 이행

재생에너지 확대

수소 경제 육성

전력 시스템 혁신

<재생에너지 확대와 발전원별 입장>[2]

발전원	주요내용
재생에너지	• 해상풍력, 태양광 중심으로 대규모 발전 단지 및 RE100 산업단지 구축 • 주민참여형 이익공유제, 농가 태양광 확대를 통해 지역 참여 유도 • ESS와 같은 스마트 그리드 기술을 결합하여 간헐성 문제 극복
원자력	• 기존 원전의 안정성 기준 강화한 상태에서 계속 운전 및 수명연장 검토 • 신규 대형 원전 건설에는 신중한 입장 유지 • 소형모듈전원과 핵융합 기술 등 미래 기술에 대한 적극적 투자 예정
석탄	• '40년까지 모든 석탄발전소 폐쇄, 이를 위한 「석탄화력발전소 폐지 지역 지원법」을 제정할 예정
LNG	• 석탄 감축에 따른 전력 공백을 메우기 위한 과도기적 발전원으로 활용 • 재생에너지 확대에 따라 비중이 점차 감소 될 것으로 전망됨

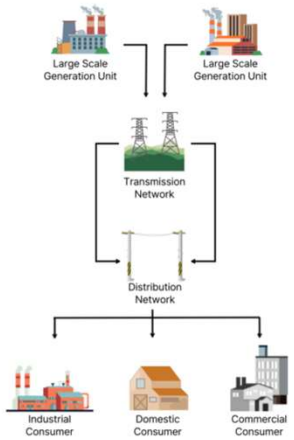
에너지고속도로 구축 – 서해안 20GW 규모 해상풍력 송전망 구축

RE100 산업단지 확대 – ESS 설치, AI 기반 지능형 전력 구축

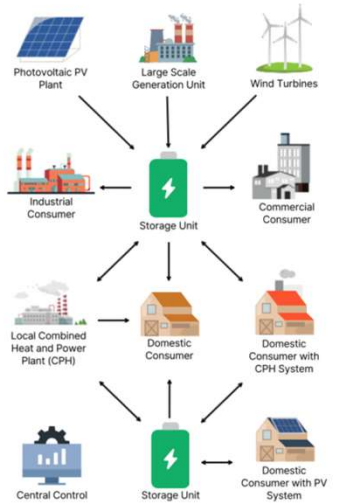
햇빛·바람 연금 확대 – 태양광, 해상풍력 발전 수익 공유 모델

중앙집중형 시스템

1)



분산에너지 시스템



항목	중앙집중형	분산형
발전 위치	해안 등 원거리 대규모 발전소	수요지 인근의 소규모 발전 설비
송전 방식	장거리 고압 송전망 중심	지역 내 자가소비 또는 계통 연계
리스크 대응	단일 계통 집중 → 광범위 정전 가능성	소규모 다계통 → 회복탄력성 높음
환경성	화석연료 중심, 송전 손실 발생	재생에너지 연계 용이, 탄소 배출 저감
정책 대응성	민원, 갈등, 인허가 지연 발생	지역 주도 도입 가능, 절차 유연

출처: [1]분산에너지가 바꾸는 전력 지도, 촉매가 완성하는 지속가능성, 희성촉매주식회사 2025, [2]KEA 에너지 이슈 브리핑 제268호 2025. 6. 16

국가 수소 경제 이행 로드맵 소개 탄소중립과 에너지 패러다임의 변화

< 비 전 >

1)

세계 최고수준의 수소경제 선도국가로 도약

- 수소차 · 연료전지 세계시장 점유율 1위 달성
- 화석연료 자원 빈국에서 그린 수소 산유국으로 진입

목표

		2018년	2022년	2040년
수소차 (수출) (내수)		1.8천대 (0.9천대) (0.9천대)	8.1만대 (1.4만대) (6.7만대)	620만대 (330만대) (290만대)
연료전지	발전용 (내수)	307MW (전제)	1.5GW (1GW)	15GW (8GW)
	가정 · 건물용	7MW	50MW	2.1GW
수소공급		13만톤/年	47만톤/年	526만톤/年 이상
수소가격		-	6,000원/kg	3,000원/kg

추진전략

기본방향

전주기 안전성 확보 → 활용 · 생산 · 저장운송 → 중소 · 중견 산업생태계 조성

추진전략

'18	'22	'30	'40
수소경제 준비기	수소경제 확산기	수소경제 선도기	
▪수소산업생태계 조성 ▪제반 인프라 구축 및 법·제도적 기반완비	▪수소이용 비약적 확대 ▪대규모 수요·공급 시스템 구축	▪해외 수소 생산 및 수전해 본격화 ▪탄소프리 수요·공급 시스템	

민관역할분담

정부	▪지원 및 규제완화 ▪대규모 인프라 투자	▪산업생태계 보완 ▪국제표준 선점	▪수소사회 이행 ▪국제 리더십 확보	
민간	▪핵심기술 내재화 ▪투자확대	▪상업적 생산 체계구축 ▪수소 비즈니스플랫폼 구축	▪민간 주도 시장 확대 ▪글로벌 시장 선도	

수소경제 활성화 로드맵 경과와 전망 (2025, 한국과학기술기획평가원)

성 과 (Achievements)

사용 부문 (UTILIZATION)

- 수소 승용차 보급 세계 1위 (World's #1 Passenger Cars)
- 발전용 연료전지 설치 1위 (#1 Installed Stationary Fuel Cells)

생산 부문 (PRODUCTION)

- 청정수소 인증제 도입 및 기반 구축 (Clean H2 Certification & Base Establishment)
- 그린/블루 수소 생산 기술 진전 (Green/Blue H2 Production Advances)

저장/운송 (STORAGE & TRANSPORT)

- 액화수소 플랜트 완공 (Liquid H2 Plant Completed)
- 암모니아 공급망 구축 본격화 (Ammonia Supply Chain Launch)

2019 2025

한 계 (Challenges)

사용 부문 (UTILIZATION)

- 상용차 전환 지연 및 대형화 미흡 (Commercial Car Transition Lag & Lack of Large Vehicles)
- 충전소 운영 신뢰성 문제 (Charging Station Reliability)

생산 부문 (PRODUCTION)

- 원천 기술 자립도 부족 (Low Core Tech Independence)
- 고효율 촉매 상용화 지연 (Delayed Commercialization of High-Efficiency Catalysts)

저장/운송 (STORAGE & TRANSPORT)

- 핵심 부품 국산화율 미흡 (Low Core Component Localization)
- 운송 인프라 지역 편차 (Regional Gaps in Transport Infrastructure)

» 2031

향후 과제 (Future Tasks)

경제성 확보 (ECONOMIC VIABILITY)

- 청정수소 발전 입찰 시장 활성화 (Clean H2 Power Generation Tender Market)
- 핵심 촉매 기술 자립 (Core Catalyst Tech Independence)

인프라 확충 (INFRASTRUCTURE EXPANSION)

- 지역 편차 해소 및 배관망 구축 (Reduce Regional Gaps & Build Pipelines)
- 분산 에너지 도입 (Distributed Energy Adoption)

글로벌 공급망 (GLOBAL SUPPLY CHAIN)

- 해외 청정수소 도입 및 다변화 (Import Overseas Clean H2 & Diversify)

2025년 12월 기준

- 수소 충전소: 386/310 [기]
- 수소차: 38,000/67,000$_{내수}$ [대]
- 연료전지: 1.09 GW/1.0 GW
- 수소 가격: 10,313 KRW/kg$_{H2}$

2040년 목표치

- 수소 충전소: 1200 [기]
- 수소차: 3,300,000 [대]
- 연료전지: 8.0 GW
- 수소 가격: 3,000 KRW/kg$_{H2}$

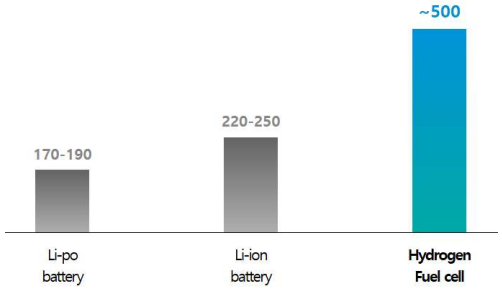
출처: 1)수소결제 활성화 로드맵(신에너지산업과), 산업통상부 2019



수소 에너지

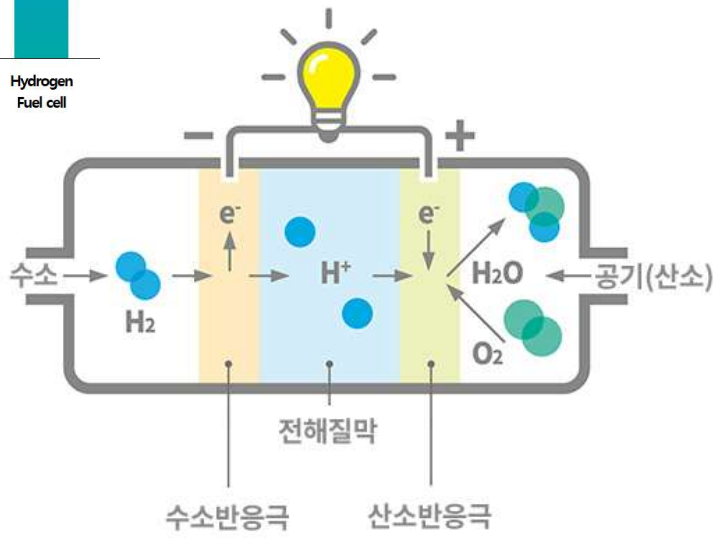
➢ 수소에너지란?

- 수소에너지는 수소(H_2)형태로 에너지를 저장
- 수소(H_2) + 산소(O_2) → **전기** **열** **물**
- 오직 물(H_2O)만을 배출하는 **청정 에너지**

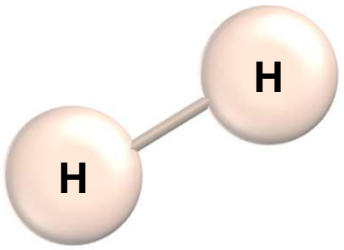


수소 → 전력생산

연료전지 (Fuel Cell)



수소의 특징



advantage

가장 가벼운 물질, 매우 빠른 확산 속도

높은 에너지 밀도 (120−142 MJ/kg)

우주에서 가장 많은 원소

disadvantage

−253 ℃의 가장 낮은 온도의 비등점

4−75%의 수소 + 공기 중의 산소 → 가연성 및 폭발성

금속 내부를 파고들어 깨지게 함 → 수소의 취성

수소 에너지의 분류 수소 에너지



그레이 수소

Gray hydrogen

메탄 수증기 개질 (SMR),
화력발전소 부생 수소

수소 생산 시 CO_2 발생



블루 수소

Blue hydrogen

SMR, 부생 수소에서 발생한
CO_2를 CCUS 공정을 통해 포집

→ 최종 CO_2 배출량 ↓



핑크 수소

Pink hydrogen

원자력 발전 → 수전해
저온(전력), 고온(전력+열)

지속적인 대량 수소 생산



그린 수소

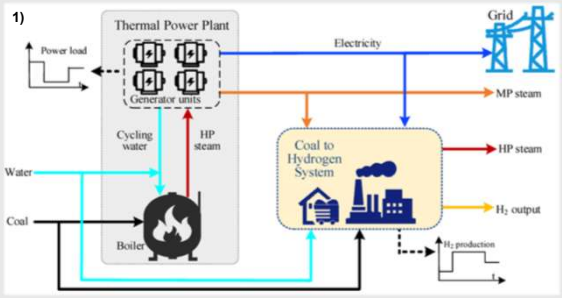
Green hydrogen

재생에너지 기반

전과정에서 CO_2 배출 X

청정수소

수소 에너지의 생산 수소 에너지



그레이 수소

Steam Methane Reforming: $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$

Coal Combustion: $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$

Water Gas Shift reaction: $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$

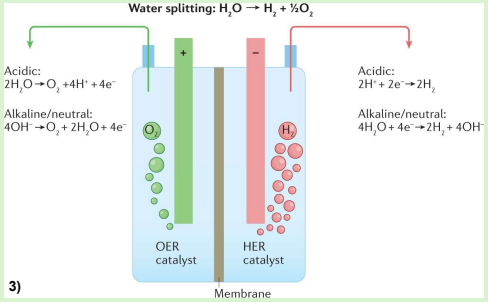


블루 수소

Amine adsorption: $CO_2 + 2RNH_2 \leftrightarrow RNHCOO^- + RNH_3^+$

Solid adsorbent: (CaO/MgO/Zeolite, MOFS, etc.) + $CO_2 \rightarrow$ adsorbentCO_2

Methanol synthesis: $CO_2 + 3H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O$



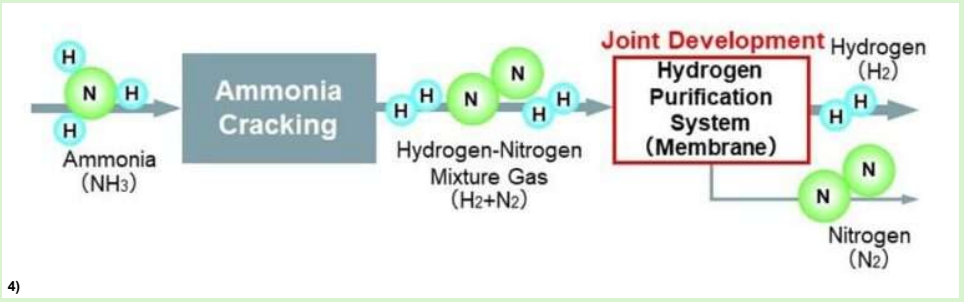
그린 수소

Water electrolysis

$2H_2O + Energy \rightarrow 2H_2 + O_2$

Ammonia cracking

$2NH_3 \leftrightarrow N_2 + 3H_2$



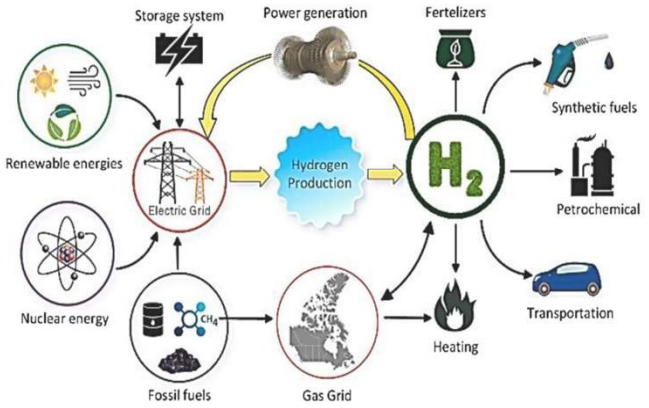
출처: [1]L. Zhang et al., Processes 2022, 10(12), 2600, [2]L. B. Hamdy et al., Materials Advances 2021, 18, [3]A. J. Shih et al., Nature Rev. Met. Pri. 2022, 2, 84, [4]A. Cucuk, OffshoreEnergy 2024

수소 에너지 비교 수소 에너지

항목	수소	석탄 (유연탄)	석유	원자력	태양광	풍력
USD/MWh (LCOE)	150–450	68–166	180–350	141–211	29–92	27–84
USD/kg	4–10	0.1–0.15	0.6–0.8	220	–	–
MJ/kg	142	44~46	24~35	$8.0*10^7$	–	–
기술 성숙도 (TRL)	8–9 Developing	9 Optimized	9 Optimized	9 Advanced	9 Developing	9 Developing
생성물	물	CO_2, SOx, NOx, Ash	CO_2, SOx, NOx, flue gas	방사성 폐기물	–	–

수소에너지 친환경성은 1등, 경제성과 기술성숙도는 성장중

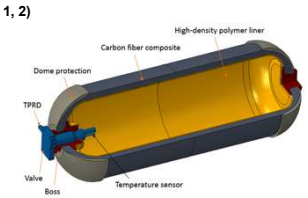
- 현재 약 10,000원/kg의 수소 가격을 크게 낮추기 위해 **대량 생산 기술이 필요**
- **촉매, 분리막 등의 국산화**를 통한 공정 비용 저감
- 높은 에너지 밀도를 활용한 **고에너지 수요처**에 맞춤 대응
- 수소 사회 인프라 확충을 위한 **수소 충전소 확대**
- 국내 수소 생산과 더불어 **해외 청정수소 도입 네트워크 강화**



출처: Lazard LCOE+, 17/18 2025, IEA World Energy Investment, IRENA Renewable Power Generation Cost

수소 저장 기술 수소 에너지

물리적 저장

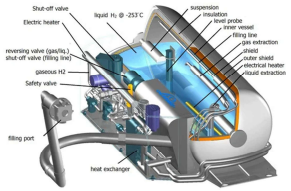


Compressed H_2

350-700 bar

20 ℃

23-40 kg_{H2}/m^3

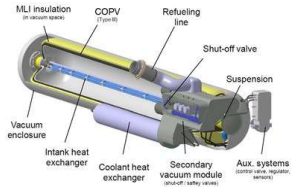


Liquid H_2

1-6 bar

-253 ℃

70.8 kg_{H2}/m^3



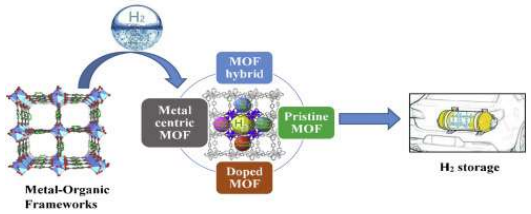
Cryo-compressed H_2

250-350 bar

-200 ℃

80-100 kg_{H2}/m^3

하이브리드

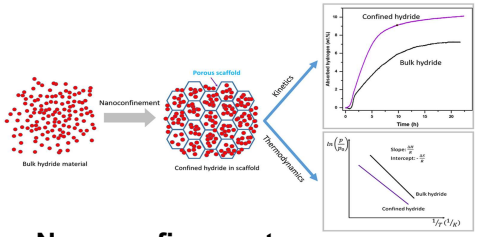


금속유기골격체(MOFs) - 물리적 흡착

H_2 → MOFs + -196 ℃ + 100 bar

MOF-5 (31 kg_{H2}/m^3)

Ni-MOF-74 (52 kg^{H2}/m^3)



Nanoconfinement

$MgH_2|LiBH_4|NaAlH_4$ + Carbon

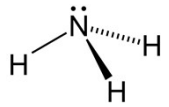
45~65 kg_{H2}/m^3

화학적 저장

400-700 ℃

Ru, Ni, Fe cat.

121 kg_{H2}/m^3

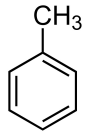


Ammonia (NH_3)

250-350 ℃

Pt, Pd, Ni cat.

47.5 kg_{H2}/m^3

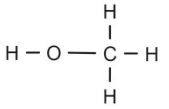


Toluene

200-300 ℃

$Cu/ZnO/Al_2O_3$ cat.

99.8 kg_{H2}/m^3

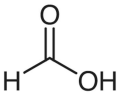


Methanol

25-100 ℃

Ru, Ir, Pd cat.

53.7 kg_{H2}/m^3

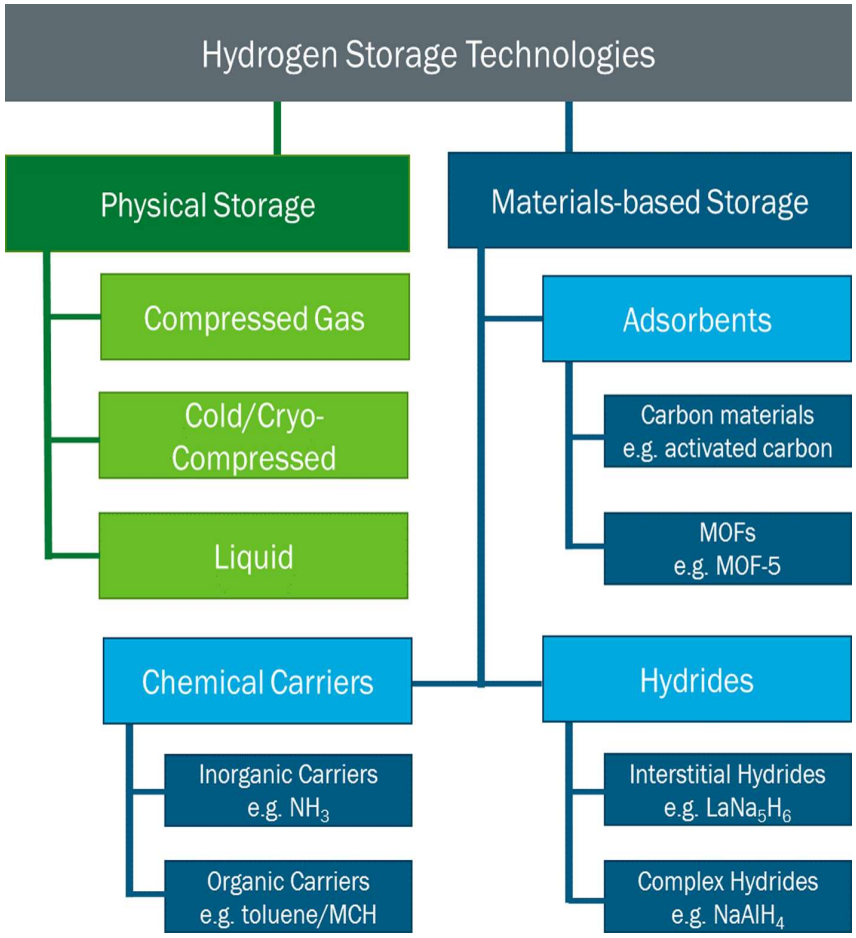


Formic acid

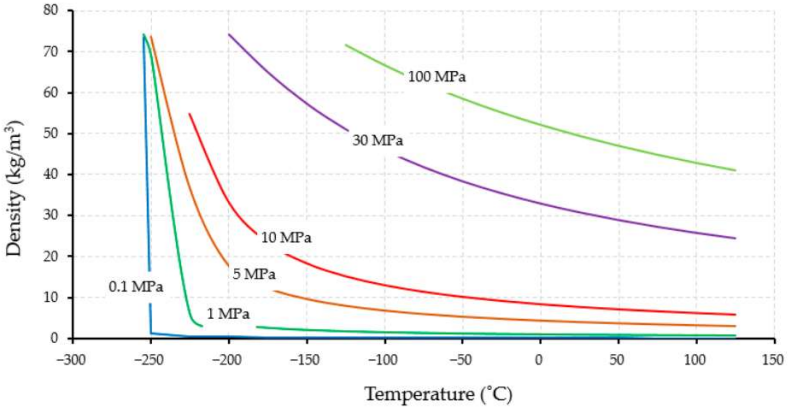
출처: [1]U.S. Department of Energy, [2]J. A. Gomez, and D. M. F. Santos, Designs 2023, 7(4), 97, [3]S. P. Shet et all., International Journal of Hydrogen Energy 2021, 46, 21, [4]T. T. Le et al., International Journal of Hydrogen Energy 2021, 46, 46

수소 저장 방식 비교 수소 에너지

수소 저장 방식에 따른 분류



수소 밀도에 대한 온도 대 압력 그래프 (Physical Storage) [1)]



온도 ∝ 압력

온도가 낮아질수록

높은 밀도를 유지하는데 필요한

압력도 낮아짐

수소 함유 물질 비교표 (Materials-based Storage) [2)]

Primary Fuel	Formula	Density [kg/m³]	Energy per mass [kJ/kg]	Energy per vol [GJ/m³]	H_2 density [kg_{H2}/m^3]
Hydrogen	H_2	0.09	141,890	0.013	0.09
LH_2	**H_2**	**71**	**141,890**	**9.9**	**71**
LNG (Methane)	CH_4	423	55,530	~ 20.5	106
LPG (Propane)	C_3H_8	581	50,400	25.2	106
Methanol	CH_3OH	793	22,700	18.0	99
MCH	C_7H_{14}	862	42,500	26.9	96
Ammonia	**NH_3**	**771**	**22,500**	**17.4**	**136**

출처: [1)]M. Aziz, Energies 2021, 14, 5917, [2)]친환경 대체에너지 수소(Hydrogen), Korean Register, 2022



액화수소

액화수소 소개 액화수소

1

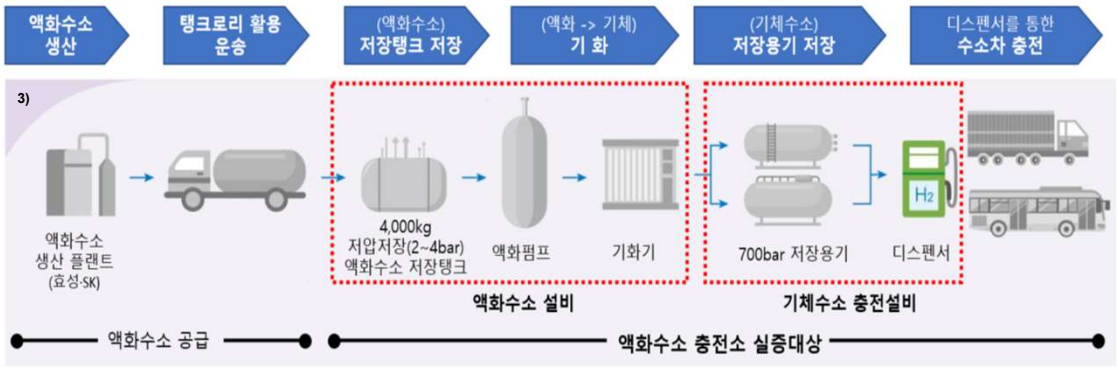
H_2 gas

-253 ℃

LH_2

$\frac{1}{845}$

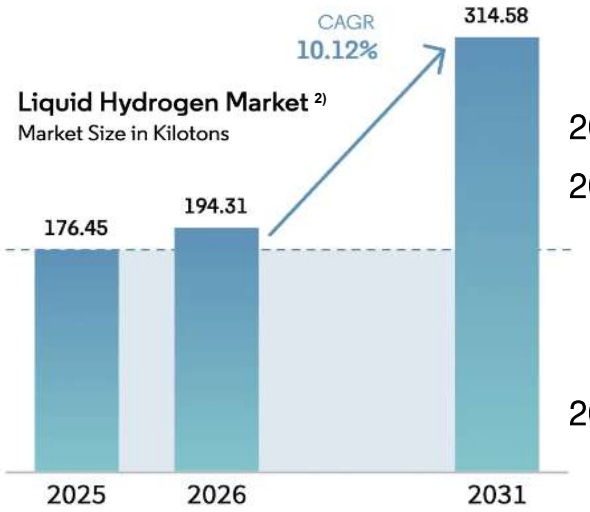
액화수소 ~ 수소충전과정 개요도



1)

수소 저장기술 장단점 비교

고압기체 저장기술	액화 저장기술	화학적 저장기술
고압(-900Bar) 기체상태로 저장 (상용화기술)	-253℃ 극저온에서 액화 상태로 저장 (소규모 실증)	유기화합물 수소저장기술 (연구개발)
장점 • 현재 가장 보편화 기술 • 수소차 및 버스에 적용 가능	장점 • 상압(3bar)에서 저장 가능 • 체적당 에너지저장 밀도 높음	장점 • 상온,고압에서 취급 • 대용량 수소저장 가능
단점 • 고압저장시 대량에너지 필요 • 체적당 에너지저장 밀도 낮음	단점 • 수소기화 손실 발생 • 액화시 대량에너지 필요	단점 • 유기화합물 재생공정 필요 • 수소화,탈수소화 설비 필요



액화수소 시장 전망

2024년 – 423억 USD

2025년 – 437억 USD

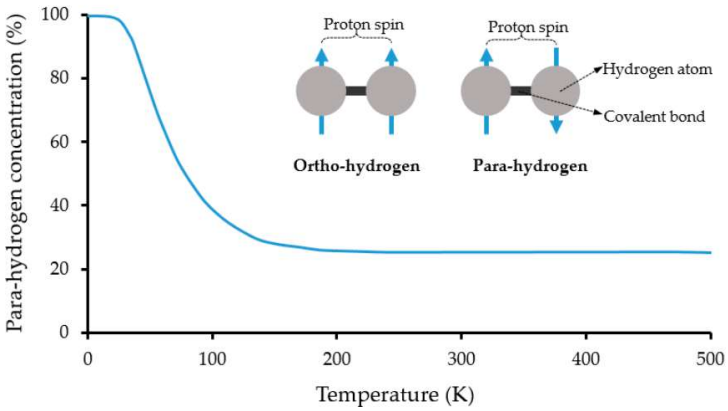
⋮

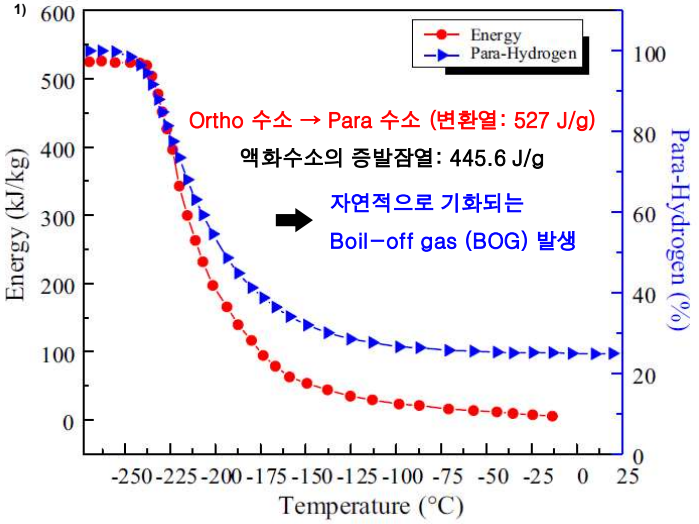
2035년 – 약 700억 USD

출처: 1)수소기술 미래전략, 관계부처합동 2022, 2)Mordor Intelligence, 3)액화수소충전소 실증 개요도, 서울에너지공사

액화수소 기술 액화수소

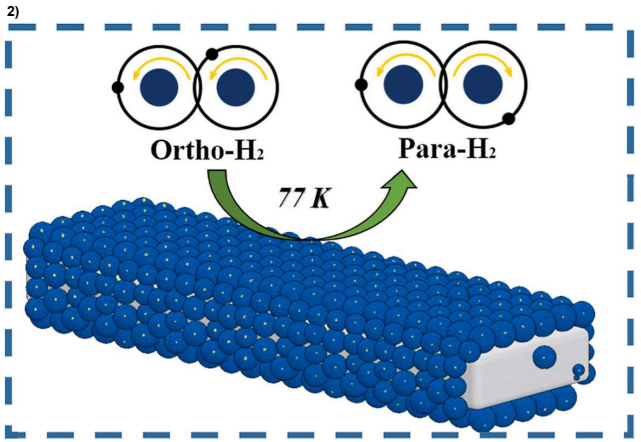
상온의 수소 – Ortho 수소 : Para 수소 = 75% : 25%

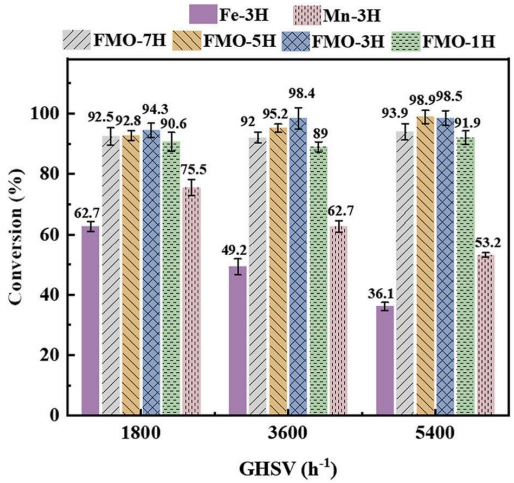




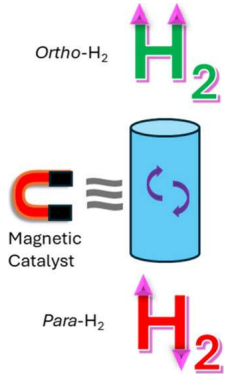
안정적이고 장기적인 액화수소 저장을 위해 Para 수소로의 변환이 필수

➡ Fe-3H(대표적) 촉매, Ni-MOFs, 자기 촉매 변환 등의 기술 개발





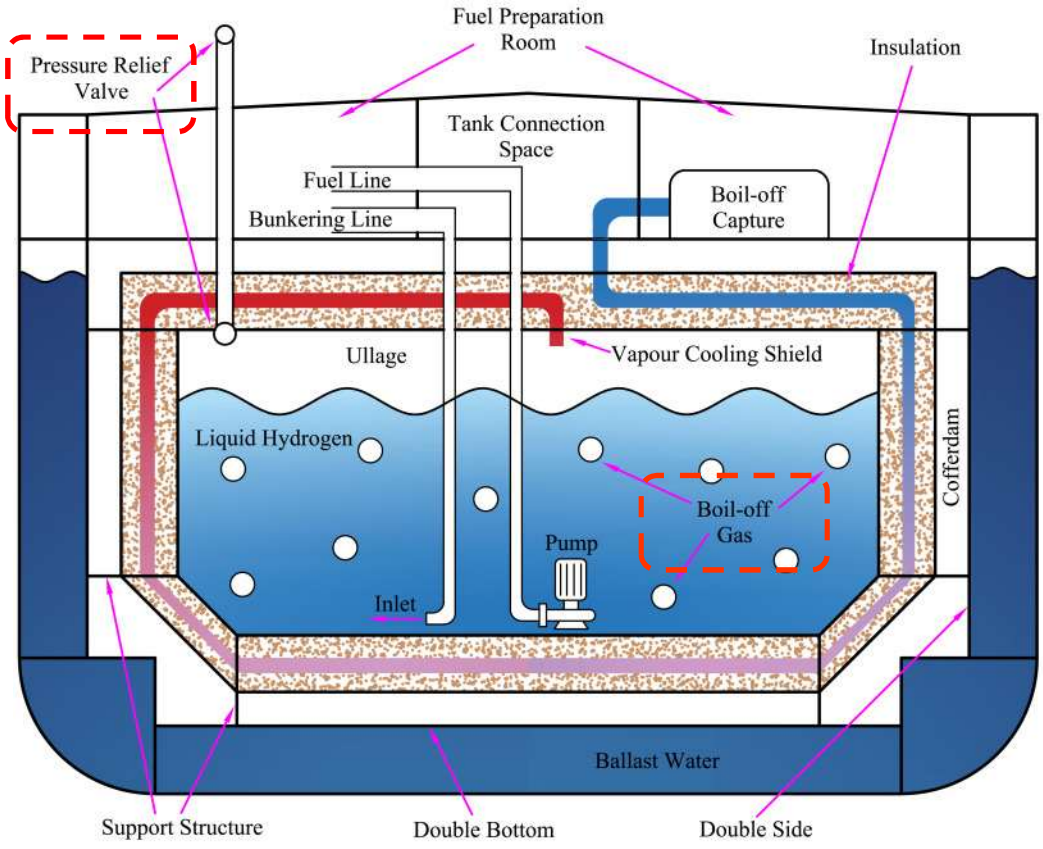




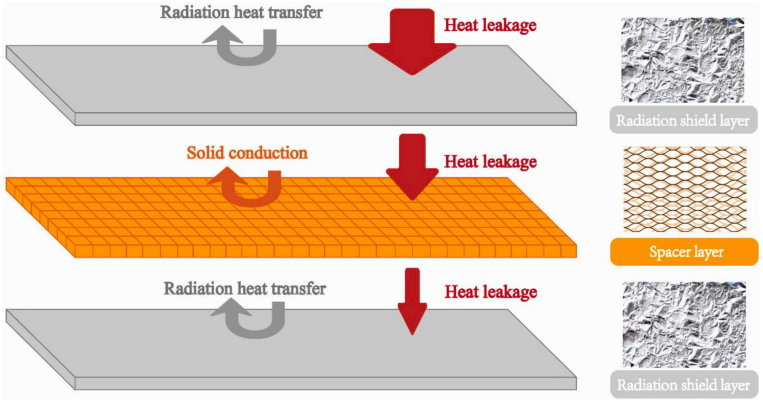
출처: [1]S. Zhang, K. Li, G. Liu, Clean Tech. Enviro. Policy 2023, 25:1015-1041, [2]L. Yang et al., International Journal of Hydrogen Energy 2024, 93, 1042-1048, [3]D. M. Polyukhov et al., ACS Energy Letter 2022, 7, 12, 4336-4341

액화수소 기술 액화수소

대표적인 액화수소 탱크 모식도 [1)]



진공 적층 단열 (Multi-layer insulation) [2)]



액화수소 탱크의 구조적 특성

- 기화된 수소는 **BOG 포집 장치**를 통해 회수되거나 재액화 됨
- 증발하는 수소 가스를 활용하여 **탱크 벽면을 재냉각**함
- 탱크 내부 **Ullage를 통한 압력 조절**
- 선박 내 **Double Bottom/Side구조를 통한 안정성** 확보

진공 적층 단열 구성

- **Radiation Shield Layer** – 복사 열전달 반사
- **Spacer Layer (진공 상태의 공간)** – 고체 전도 단열
- **Solid Conductor** – Shield Layer 분리, 반사막 고정

출처: [1)]S. Brouzas, M. Zadeh, B. Lagemann, International Journal of Hydrogen Energy 2025, 100, 1543-1560

액화수소 저장 및 인프라 액화수소

강원지역 액체수소 인수기지 조감도 (2026년)[1]



- 현대건설, 한국가스공사 등 14개 산·학·연 기관 협력 액체수소 저장탱크 및 적하역 시스템 기술개발 (2026. 04 ~ 2029. 12)
- 평저형 액화수소 저장탱크 (4,000 ~ 50,000 m^3 급)기술의 선행 과제

저장 압력에 따른 액체수소저장 시스템 비교[2]

구분	단위	상압식	가압식
상용화 규격	m	ID 25.3m ball type tank	ID 16.6m ball type tank
상용화 용량	m^3 (ton)	4,732m^3 (380ton @81kg/m^3기준)	2,500m^3 (177ton @71kg/m^3기준)
장점		● Zero boil-off 가능 ● 액체수소 저장 대비 저장밀도 15% 이상 상승 ● 벙커링 시 보일오프가스 자체 액화 및 저장 가능 ● 낮은 CAPEX ● 상압저장으로 이격거리 및 인허가 기준 완화	● 고압으로 대기 중 공기 유입 문제 없음
단점		● 완전 밀폐 필요 ● 헬륨 냉각사이클 에너지 소비	● 고압가스 저장시설에 대한 이격거리 및 허가 기준 강화 ● 고압 용기 사용에 따른 높은 CAPEX ● 상압용기에 비해 저장밀도가 낮음 ● 벙커링 시 보일오프가스 처리 방안 필요
해외 선진기술 보유기관		해외 : NASA, CB&I(미국)	해외 : KAWASAKI(일본), IC technology(노르웨이)

상용 액화수소 저장 탱크



- 전체용량: 6,200 L (순용량: 5,600 L)
- 탱크 무게: 4,150 kg (2–4 bar | ~13 bar)

상용 액화수소 이동탱크

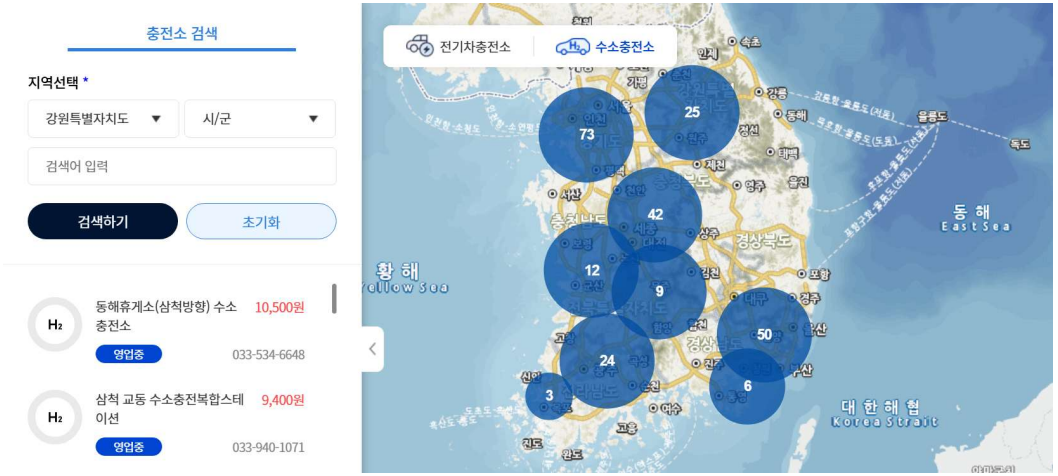


- 액화수소 적재량: 3,000 kg
- 탱크용량: 47,000 L (1.2 Mpa)
- 탱크 재질: Stainless Steel

출처: [1]강원도, 액체수소 인수기지 공모 선정, 국비 2,668억 투입, 가스신문 2026, [2]수소 수입을 위한 액체수소 인수기지 필요성과 역할, 가스신문 2023

액화수소 충전소 액화수소

전국 수소 충전소 현황 (무공해누리집)





1회 운송량

액화수소 충전소[1)]

3,000kg/대
(액화 탱크로리)

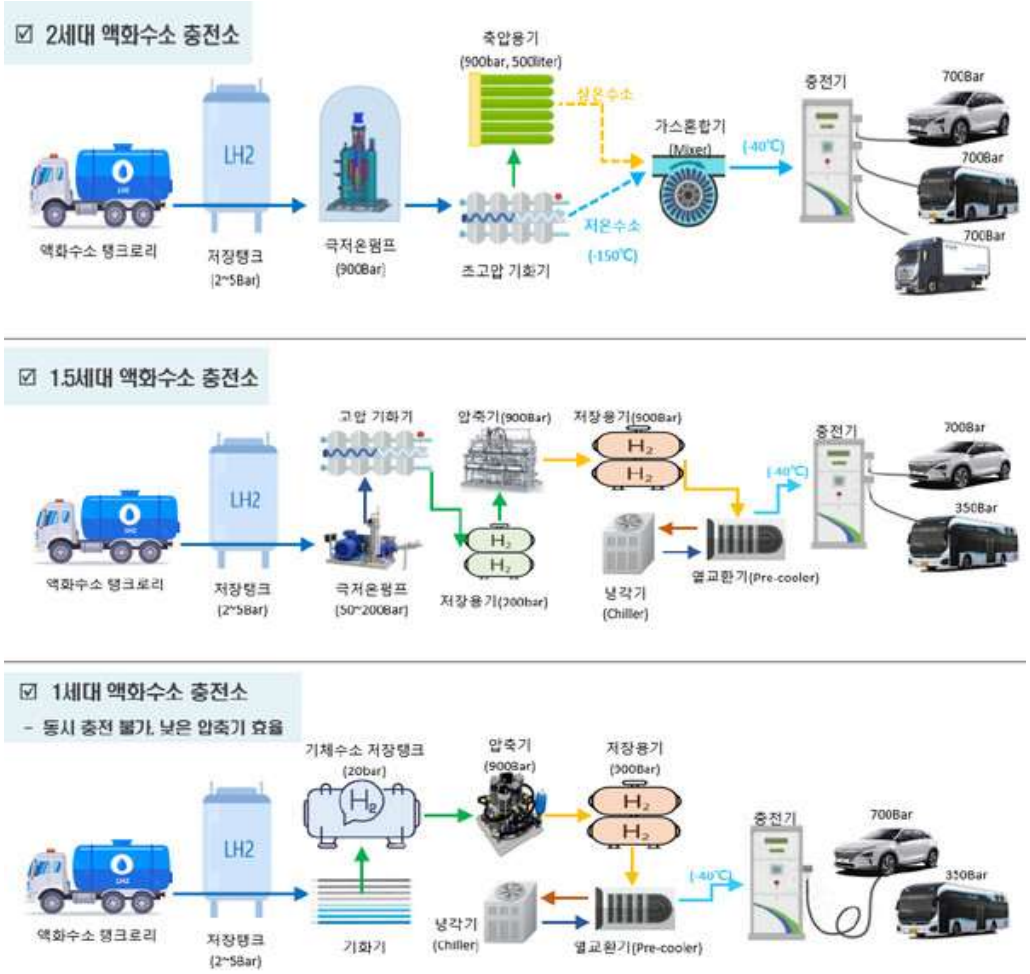


1회 운송량

기체수소 충전소

250kg/대
(기체 튜브트레일러)

액화 수소 충전소의 개발 [2)]



출처: [1)]SK E&S News, 수소충전소에 대한 이야기 알려Dream, 2022, [2)]수소경제 활성화 로드맵 6년, 경과와 전망, KISTEP 2025

국내 액화수소 기업 동향 액화수소

SK이노베이션 수소 에너지 사업[1]







- SK인천석유화학 공장 내 15,000평 (30,000 t/year) 액화수소플랜트 건설
- 액화수소충전소를 통한 국내 수소 공급
- 액화수소 트레일러 운영
- 보령LNG터미널 중심 블루수소 플랜트 확장 검토중

HYOSUNG HEAVY INDUSTRIES[3]



- **기체/액화 수소 충전소**
- 효성 하이드로젠 액화수소 생산
- 광양, 경산 액화수소 충전소 (200 kg/h)

DOOSAN 두산에너빌리티[2]



- 2023~ 두산에너빌리티 창원 본사 **수소액화 플랜트**
- CCUS 기술 적용된 블루 수소 생산
- 동해 태양관 연계, 제주 풍력 연계 그린 수소 생산 연구
- 한국수력원자력 제휴 원자력 수소 생산 업무 협약 체결

GS 칼텍스 ILJIN 일진하이솔루스 Hanwha

posco HD현대중공업

출처: [1]SK이노베이션 수소 에너지 사업, [2]두산에너빌리티 친환경 에너지 사업, 수소 에너지, [3]효성중공업, 효성 하이드로젠

강원지역 액화수소 전략 액화수소

비전

수소(액화) 중심 미래 수소경제에서의 선도적 입지 확림을 위한 핵심 기반 확보[1)]

추진목표

- 강원도형 수소(액화)공급 기반 구축
- 생활밀착형 수소(액화)경제 실현

추진전략

공급전략1 [공급]

- 전략사업 1.생산기반구축
  - 세부사업 ①수소액화플랜트
- 전략사업 2.저장 · 운송 기반구축
  - 세부사업 ①실증 테스트베드
  - 세부사업 ②안전성 시험센터

공급전략2 [활용]

- 전략사업 3.충전기반구축
  - 세부사업 ①수소액화충전소
- 전략사업 4.항만기반구축
  - 세부사업 ①수소(액화) 거점 항망 구축
  - 세부사업 ②친환경 어촌 · 어항

수소 저장·운송 클러스터 구축 **공간구성** 2)



동해시(상업육성공간) ①산업진흥센터 (10,786㎡), 안전성 시험센터 (3,595㎡)
②실증테스트베드 (10,786㎡), ③기업 입주공간 (약80개,305,552㎡)





삼척시(수소공금공간) ④수소액화플랜트 30톤/일 (17,589㎡)





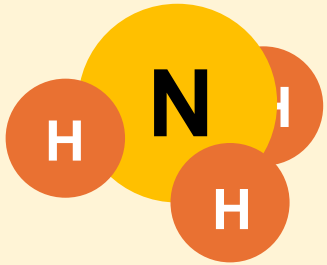
- **동해–삼척 반경 20 km 클러스터** 조성
- 삼척 근덕면 호산일반산업단지 중심 **30 t/day 규모 수소 액화 플랜트** 운영
- 북평 제2일반산업단지 내 **산업진흥센터, 안전성 시험센터, 실증 테스트베드** 집적
- 액화수소 전용 충전소 확충, **수소 거점 항만 조성**

21–22	20–23	22–26	~ 30
액화수소 기술 개발 및 표준화	수소시범도시 지역특화 수소 시범 모델 조성	수소 클러스터 조성, 액체수소 중심 전주기 생태계 실현	수소 수입 항만 유치, 에너지 거점 허브 조성

출처: 1)대한민국 공식 전자정부 누리집, 강원특별자치도 전략산업, 2)강원특별자치도 투자지원 센터, 수소 저장 및 운송 산업육성 공간 대상부지, https://gangwoninvest.gwd.go.kr/


암모니아
Adsorption
Dissociation
Recombination
Desorption
Ru
UM
level
Level
Level
Level
Level
Alumina alumina
nm
Hydrogen
(H2)
Nitrogen
(N2)

암모니아 소개 암모니아



암모니아 (Ammonia, NH_3)

136 kg_{H2}/m^3의 높은 수소 저장 밀도

−33 ℃의 높은 비등점

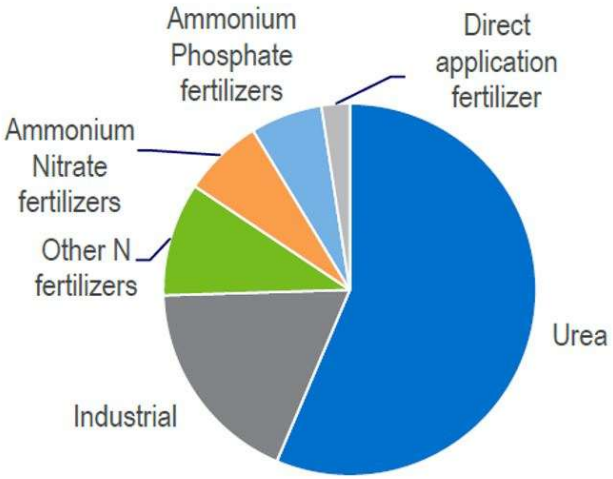
높은 생산 기술 **성숙도와 인프라**

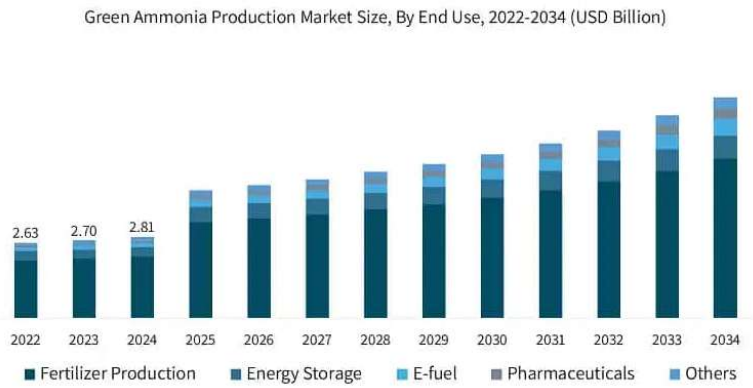
$2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$

$\Delta H = +92.4$ kJ/mol

탄소 제로 그린 수소 생산

암모니아 수요처 및 시장 전망 [1)]





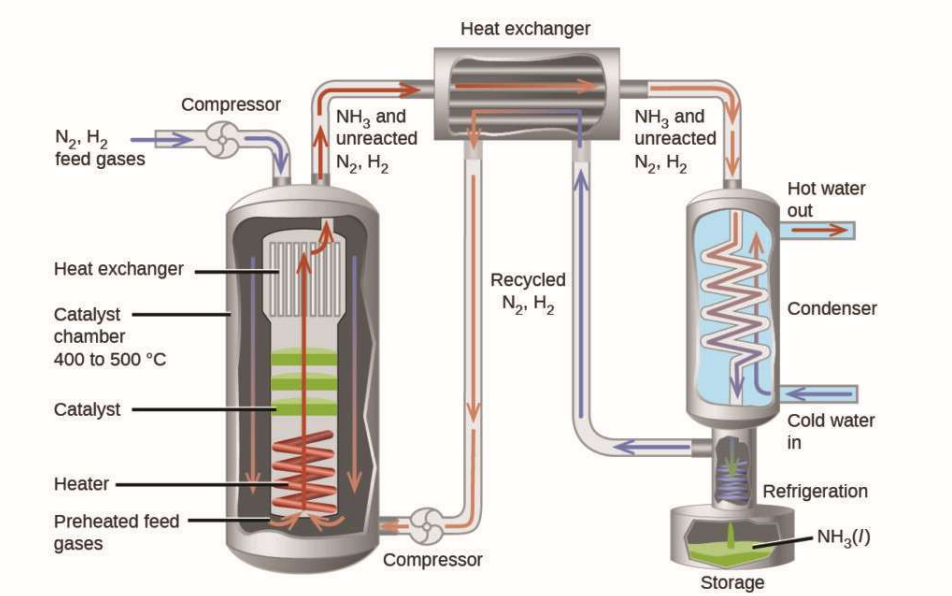
- 암모니아 기반 요소 ($CO(NH_2)_2$)는 **비료** 및 경유차 질소산화물 저감용 **요소수의 핵심 원료**임
- 질산암모늄, 인산암모늄은 고농축 복합 **질소 비료의 주성분**임
- 산업용 질산, 폭약, 합성수지, 냉매, 세정제 등의 **정밀화학 산업의 기초 소재**로 쓰임

➡ 그린 수소 생산 | 장거리 수소 운반 캐리어 => 신규 시장 성장

출처: 1)www.gminsights.com

암모니아 생산 암모니아

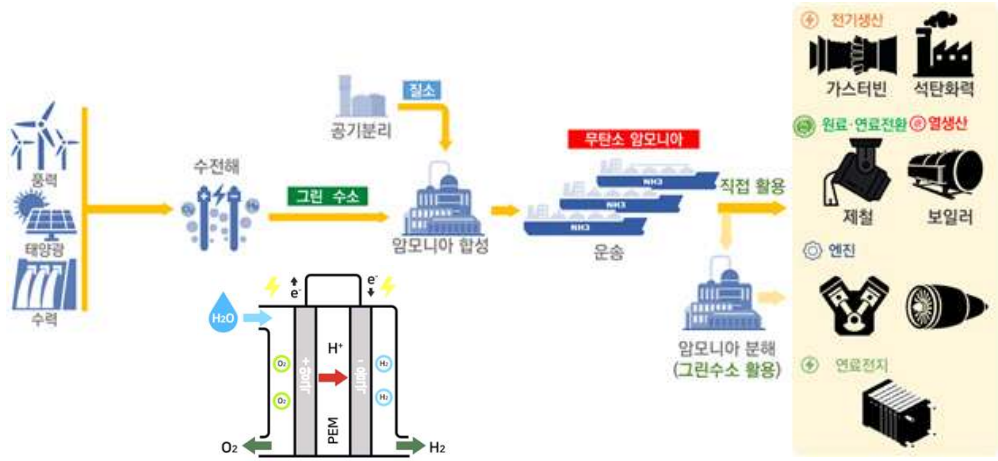
전통적인 암모니아 생산 공정[1)]



하버-보슈법 (Haber-bosch process)

- 1910년부터 시작된 **전통적인 암모니아 합성 공정**
- 400~500 ℃, **150~250 atm**, Fe-based catalyst
- 암모니아 대량 생산을 통한 화학 비료의 시대 시작
- **전 세계 에너지 소비량의 1~2%를 차지**

그린 암모니아 생산[2)]



청정 암모니아

구분		그레이 암모니아	블루 암모니아	그린 암모니아 3)
생산방식		그레이수소로 제조	블루수소로 제조	그린수소로 제조 (재생e 전력을 활용한 수전해 방식으로 수소를 생산한 후 공기 중 질소를 합성)
		화석연료에서 수소를 생산한 후 공기 중 질소를 합성		
온실가스	발생	수소 생산 시 발생		발생하지 않음
	처리	대기 중 방출	CCS를 활용하여 포집하므로 대기 중 방출되지 않음	

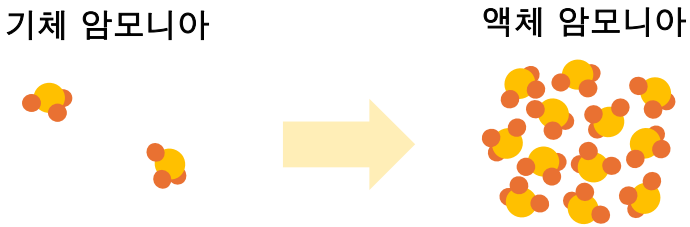
수소 캐리어로의 역할이 중요해짐에 따라 그린 암모니아 생산의 중요도가 대두됨

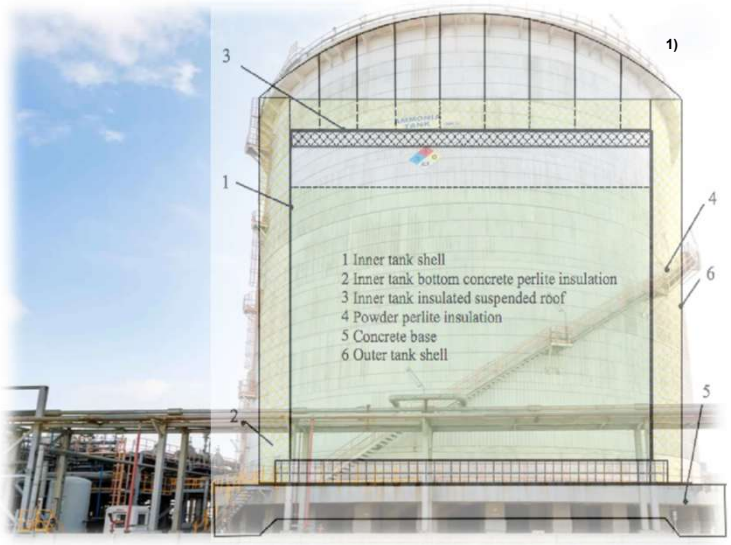
출처: 1)CrackitToday Affairs, Haber-Bosch Process, 2)탄소중립 위한 열쇠 '그린 암모니아', 개발 본격화된다, 경향신문 2021, 3)글로벌 암모니아 시장 동향 및 암모니아 발전 관련 이슈, 전기저널 2022

암모니아 저장·운송 암모니아

암모니아의 저장

- 상압 저온 저장의 경우 **−33 ℃ 이하로** 액화 암모니아를 저장함 (**대용량 저장**)
- 상온 가압 저장의 경우 **8.5−10 bar로 25 ℃**에서 액화 암모니아를 저장함 (**소규모 저장**)
- 반냉각 가압 저장 방식은 **상온보다 낮은 온도**와 **약간의 압력**을 통해 액화 암모니아 저장이 가능하여 **해상 운송에서 활발하게 사용되는 암모니아 저장 방식**





대용량 암모니아 탱크
10,000 ~ 50,000 ton 저장

액화 암모니아 운반 트럭
(15 ~ 20 t)



액화 암모니아 운반선
(25,000 ~ 30,000 t)



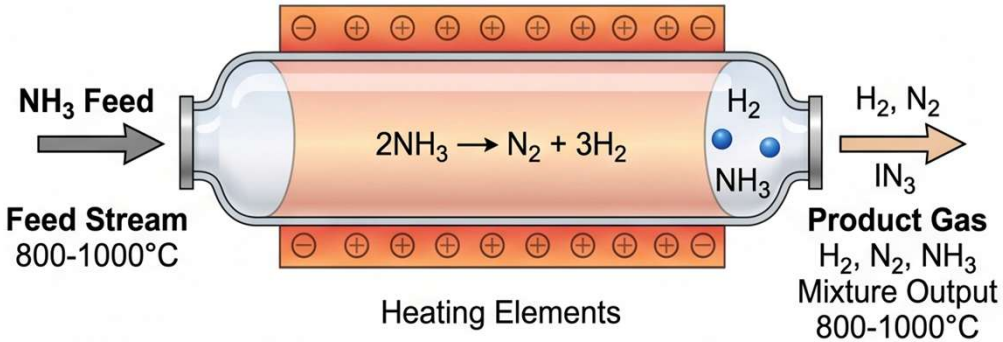
국내 권역별 암모니아 유통 허브 구축 개념도 2)

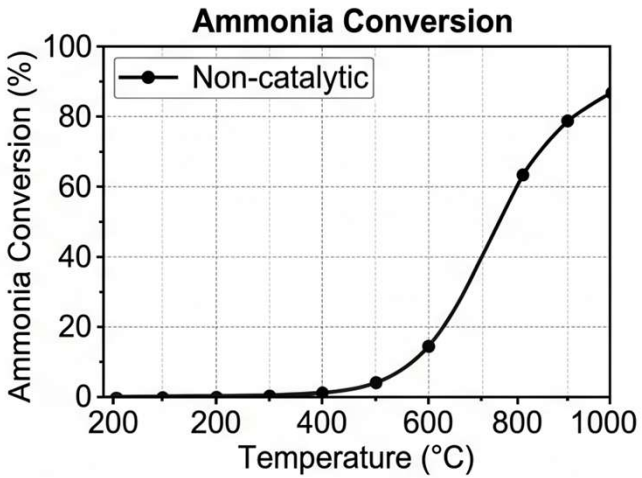


출처: 1)G. Saracoglu, ARASTIRMA MAKALESI 2022, 2)삐걱대는 수소-암모니아 사업, 정책 목표달성 가능할까, 수소신문 2025

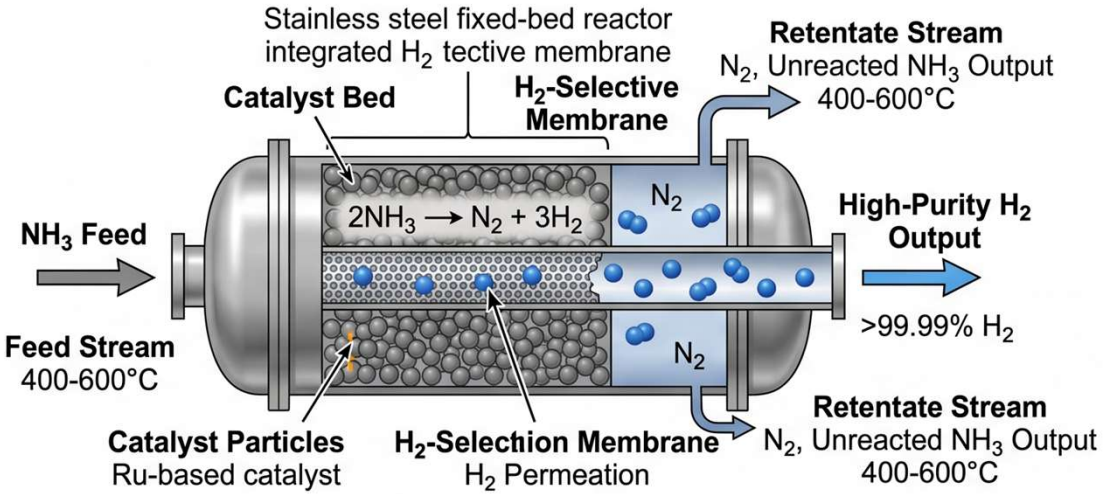
암모니아 분해 그린수소 생산 암모니아

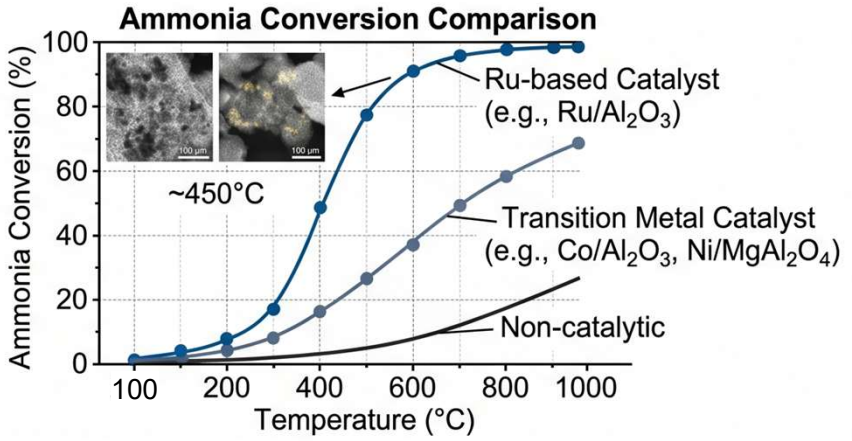
촉매를 사용하지 않은 암모니아 분해 공정 모식도





촉매–분리막 시스템 연계 암모니아 분해 공정 모식도



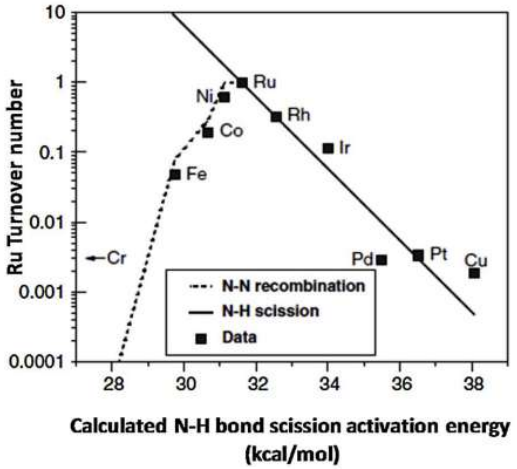


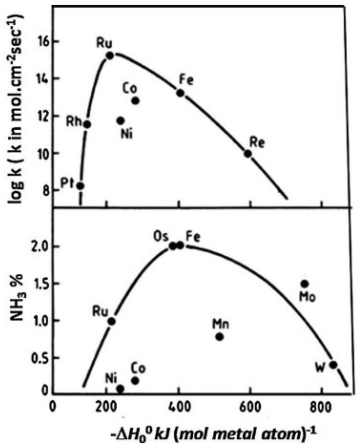
암모니아 분해 그린수소 생산 암모니아

촉매 별 암모니아 분해 효율 비교

촉매	지지체	촉매 로딩량 (wt%)	암모니아 전환율 (%)	온도 (℃)	공간속도 (h^{-1})
Ru(기준)	Al_2O_3	5	90	450	6,000
Ru	CNT	2	99	400	6,000
RuLaCs	Al_2O_3	1	>99	400	12,000
Ru	CeO_2 Nanorod	2	91.3	400	30,000
Ru	CeO_2−CNT	1.5	99	450	25,000
Ru−K	CaO	3	91.9	400	9,000
Cs−Ru	MgO	2	100	380	6,000
Ni	Al_2O_3−C	15	99	550	12,000
Ni	GDC	10	100	600	30,000
Ni	La_2O_3	20	94	550	15,000
Ni	CeO_2/CNT	10	100	550	10,000
Co	CNT	10	95	500	6,000
Co_3Mo_3	Bulk Nitride	–	100	500	12,000
Ba−CoFe	CeO_2	25	93.2	550	30,000
FeCo	BZCYYb	10	100	600	15,000
Fe−Co	Al_2O_3	15	100	580	6,000
CoNi	Al_2O_3	20	100	650	30,000
Ni−Mg−Al	Layered double oxide	15	98	550	12,000
Ir	Al_2O_3	2	85	500	6,000
Ru−Ni	CeO_2	1.0/5.0	99	480	24,000

암모니아 분해 촉매 Volcano plot[1)]





Ru 촉매

가장 빠른 반응속도

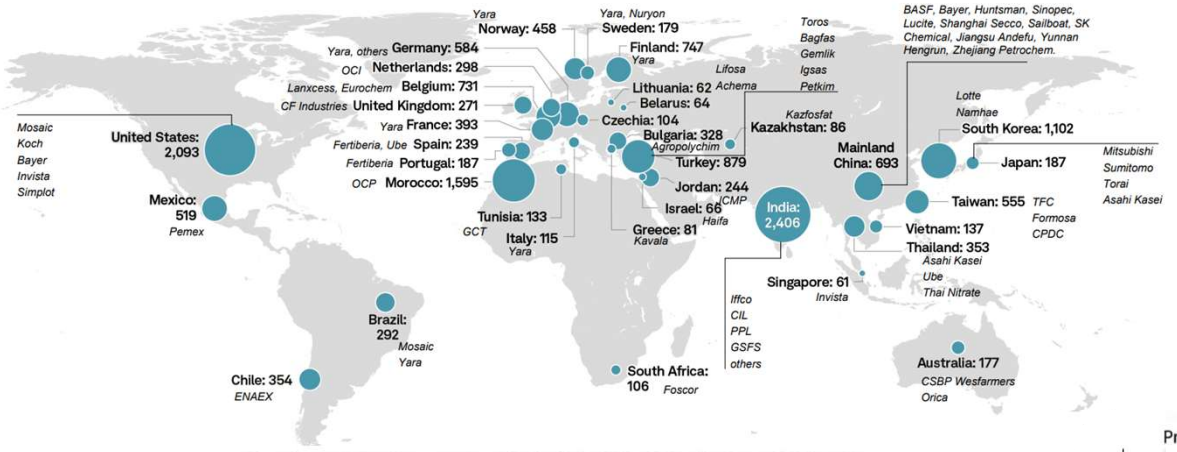
높은 N−H 분해 활성

가격이 비쌈

출처: [1)]S. Mukherjee et al., Applied Catalysis B: Environmental 2018, 226, 162-181

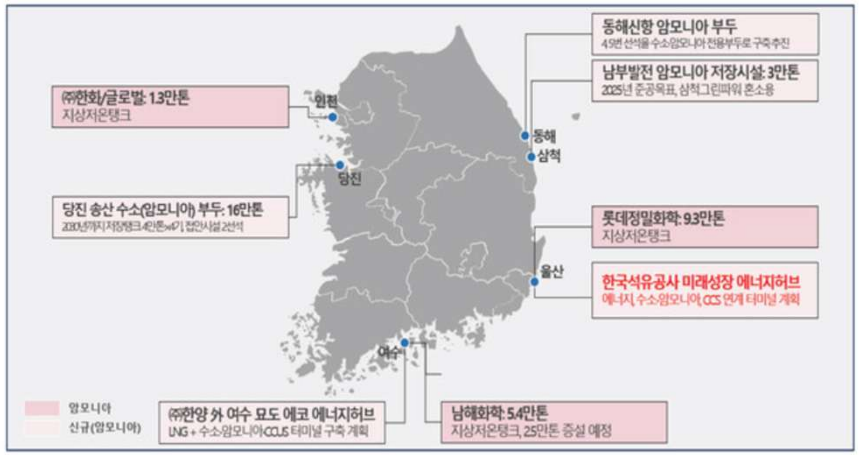
국내 암모니아 도입 전략 암모니아

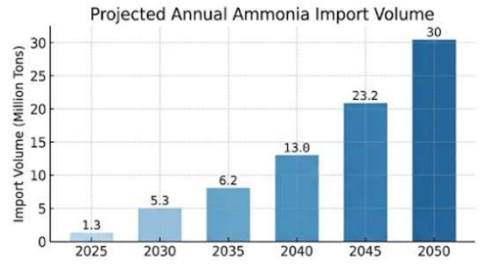
주요 암모니아 수입국 (2023년 기준)[1)]

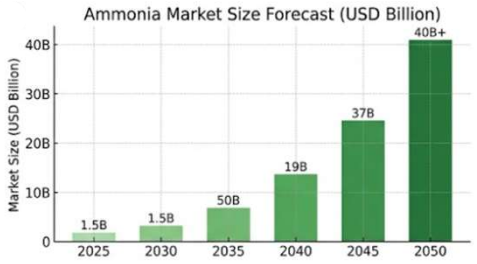


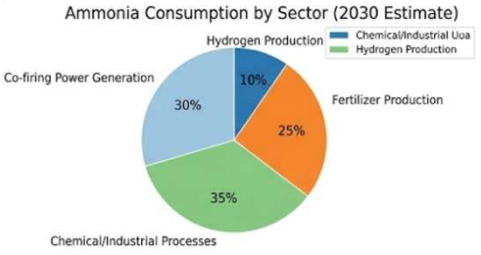
- 대한민국은 암모니아를 **전량 수입에 의존**하고 있음
- 2024년 기준 127만 톤의 암모니아를 수입함.
  (인도네시아 46%, 사우디 36%, 카타르 7%, 호주 6%)
- 수입 시장의 규모는 USD15억 9천만 수준
- 암모니아 혼소 발전 & 청정수소 공급을 위해
  암모니아 수입은 크게 증가할 전망임.

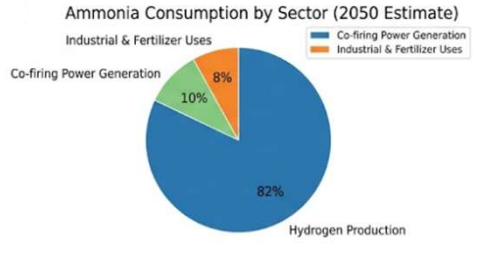
[그림 4-7] 국내 주요 암모니아 저장시설 현황 및 신규 계획(용량)[2)]











출처: [1)]Ammonia Energy Association, The Ammonia Market Today and a Bridge to the Future 2024, [2)]수소 사용량 증가 대비 암모니아 비축 필요, 이투뉴스 2024

암모니아 수소 저장 방식 비교 암모니아

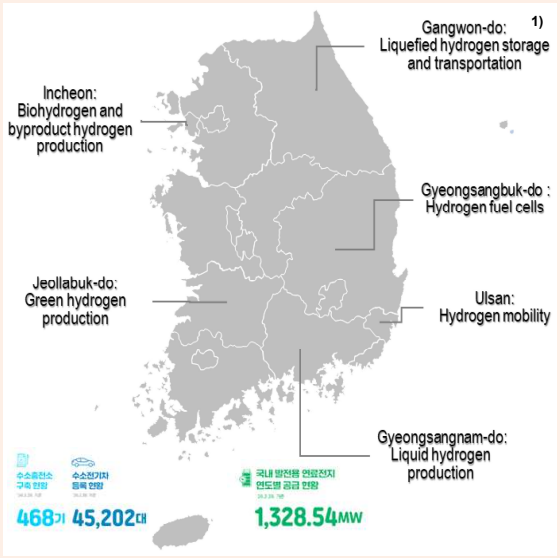
기체, 액체, 그리고 암모니아를 통한 수소 저장 방식 비교

구분	고압수소 (기체)	액화수소 (LH_2)	암모니아 (NH_3)
밀도 (kg/m^3)	39	70.8	682(1 bar)
수소함량 (wt%)	100	100	17.8
수소 추출온도 (℃)	–	–	350–900
부피에너지밀도	일반 수소의 463배	일반 수소의 865배	일반 수소의 1467배
에너지효율 (LHV)	~90% (압축)	~70% (액화에너지)	~60% (합성 및 추출)
증발 손실률 (BOR)	–	0.1~1%/day	–
최대 저장 용량 (ton)	~10	250 ~ 3,500	30,000 ~ 50,000
기술성숙도	9 (상용화)	7~8 (실증 및 초기 상용화)	6~7 (실증 및 연구)
필요 인프라		시설투자 필요	기존 인프라 사용
장점	저렴한 구축비용 저장손실 미미함	저장용기의 안전성 기화만으로 사용	프로판 인프라 사용 높은 에너지밀도
단점	낮은 에너지밀도 비싼 저장용기	대규모 시설비용 액화 시 많은 에너지 필요	냄새·독성 취급주의 상업화 연구 필요

글로벌 수소 사회 전략

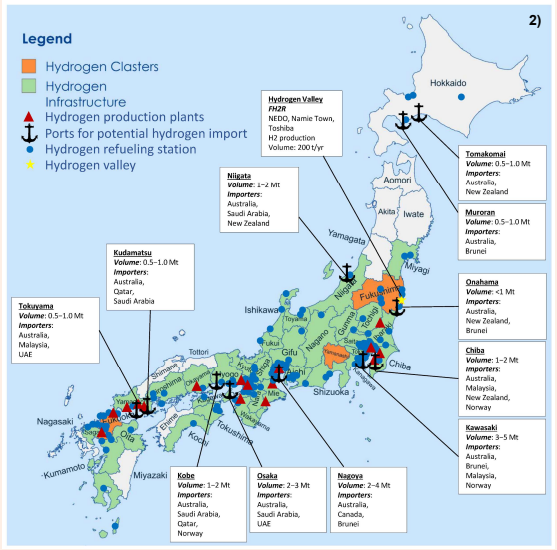


동아시아 수소 에너지 시장 글로벌 수소 사회 전략



대한민국

- 정부 주도의 수소 경제 활성화 로드맵
- 수소차 및 액화수소 인프라 구축에 집중
- 동해–삼척, 울산, 부산 중심 액화수소 플랜트, 암모니아 수입 터미널 구축
- 암모니아 추진선 상용화



일본

- 수소사회추진법 – 2026년 수소상용화 시작
- 정부 청정수소 보조금 지급
- 갈탄 기반 블루 수수 및 재생에너지 기반 그린 수소 생산에 집중
- 석탄 화력 발전 내 암모니아 혼소 기술 상용화

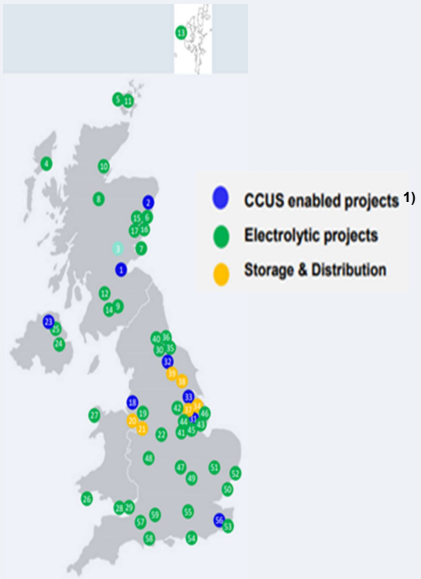


중국

- 제15차 5개년 계획의 수소 시장 활성화
- 전 세계 수전해 기기 생산의 60% 점유
- 북서부 태양광, 풍력 활용 대규모 그린 수소 생산 기지 구축
- 수소의 동부 산업단지 이송 프로젝트 추진

출처: 1)D. Lee, K. Kim, Sustainability 2021, 13(19), 10686, 2)D. Konovalov et al., Hydrogen 2025, 6(3), 61, 3)MERICS, China's nascent green hydrogen sector 2022

유럽 수소 에너지 시장 글로벌 수소 사회 전략



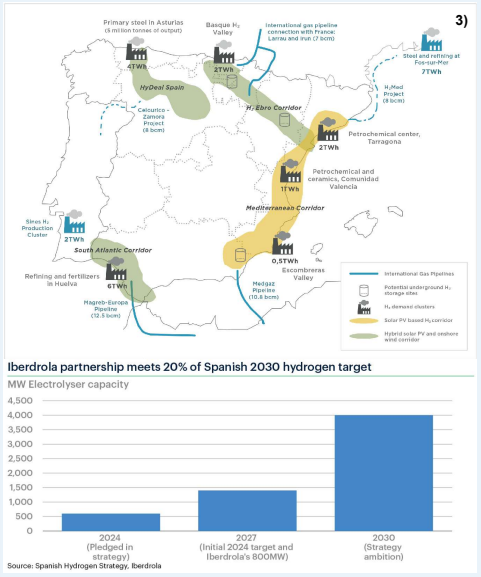
영국

- 해상 풍력 기반 수소 생산 프로젝트
- 민간 수소 시장 투자를 위한 수익 보전 제도 모델 설계
- 2026년 1월 저탄소 수소 표준을 통한 정부–생산자 간 가격 차이 보정 정책 시행



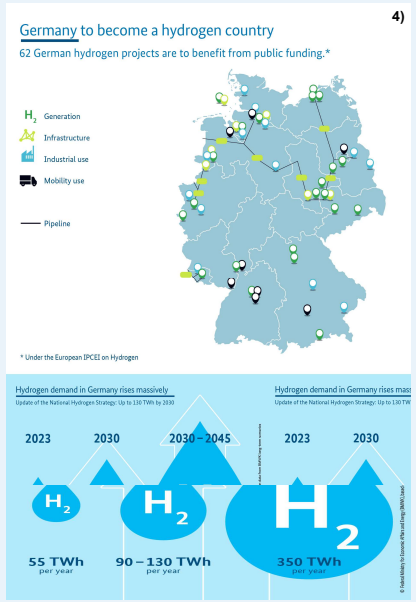
프랑스

- 원자력 발전 기반 수소 생산
- 1GW급 대규모 수전해 설비를 통한 수소 생산 프로젝트 시작
- 2035 수송용 연료 내 수소 비중 2%까지 확대



스페인

- 태양광 발전 기반 청정수소 생산 프로젝트
- 2026년 5월 ~ 바르셀로나 – 마르세유 수소 파이프라인 (BarMar) 컨설팅 시작
- 안달루시아 그린 수소 밸리 구축

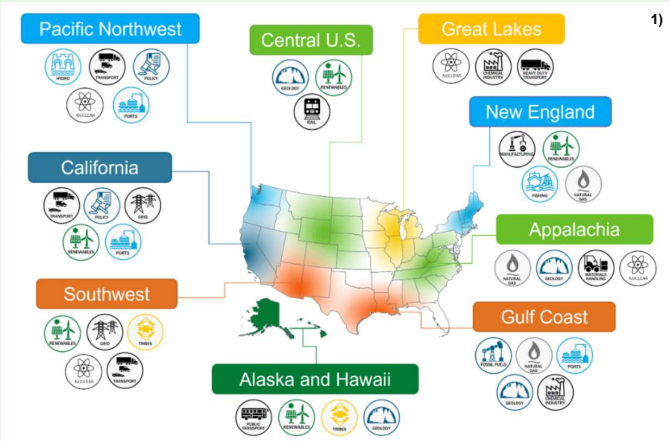


독일

- 수소의 안정적인 대량 수입 >>> 자체 생산
- 북아프리카, 중동으로 부터의 수소 수입을 위한 H2Global 경매 플랫폼 도입
- 2030년까지의 10GW급 수전해 용량 확보
- 기존 화력 발전소 → 수소 발전소로 전환

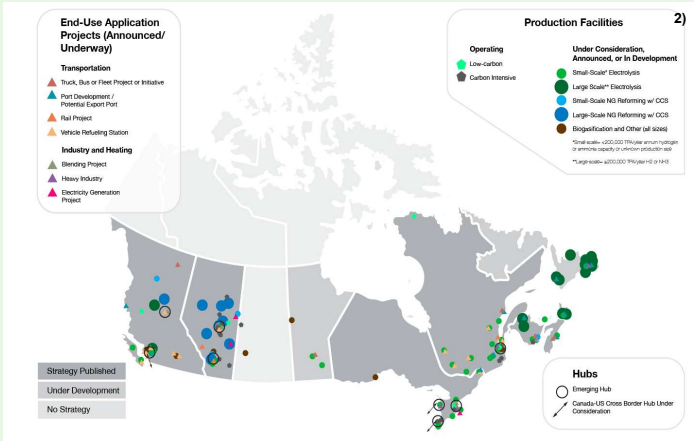
출처: 1)A. Eltweri et al., Sustainability 2025, 17(1), 113, 2)France Hydrogen, A road-map for an ambitious hydrogen strategy by 2030, 3)The Geopolitics of Hydrogen, Springer, 131-147, 4)Economic Affairs and Transport Ministry

북아메리카 수소 에너지 시장 글로벌 수소 사회 전략



미국

- 2030년 1,000만 톤 – 2050년 5,000만 톤의 청정수소 생산 목표
- 정부 주도 7대 지역 수소 허브 – 연방 지원금 50억 USD 투자
- OBBBA 법안에 따른 수소 생산 세액 공제 ($3/kg$_{H2}$)
- 2031년 청정수소 생산 단가 $1/kg$_{H2}$ 목표



캐나다

- 풍부한 천연가스 기반 블루 수소 + 수력 발전을 통한 그린 수소 생산
- 2040년 약 370만톤의 수소/암모니아 수출 목표
- 대략 USD100억 투자를 통한 대규모 블루 수소 생산 시설 및 CCUS 인프라 구축
- 캐나다 수소 코드 및 표준 로드맵 제시

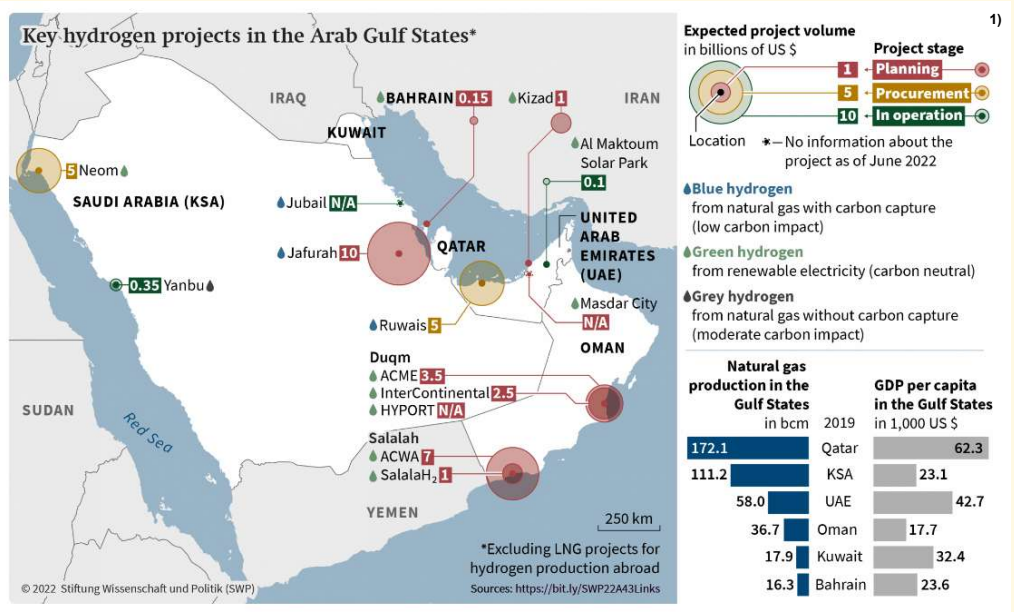


멕시코

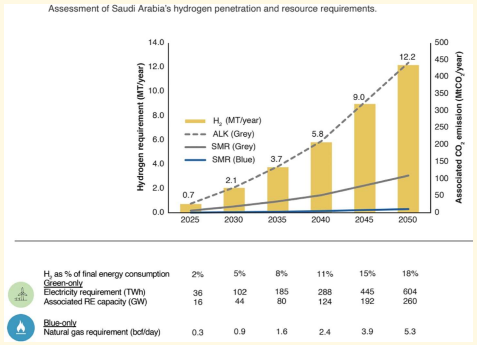
- 공기업 (PEMEX) 중심 수소 혼소 기술 개발 및 그린 수소 대체 전략 추진
- 살리나 크루즈/캄페체 지역 내 수소–암모니아 플랜트 프로젝트 구축 예정

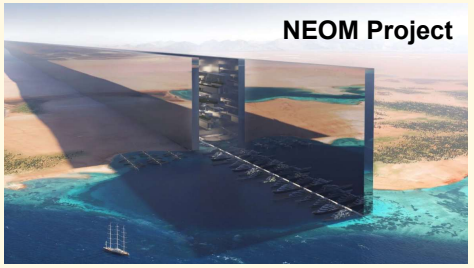
출처: [1]Department of Energy, Hydrogen energy, United State of America, [2]Natural Resource of Canada, The hydrogen strategy, [3]Bnamericas, Spotlight: Mexico's most advanced green hydrogen projects 2024

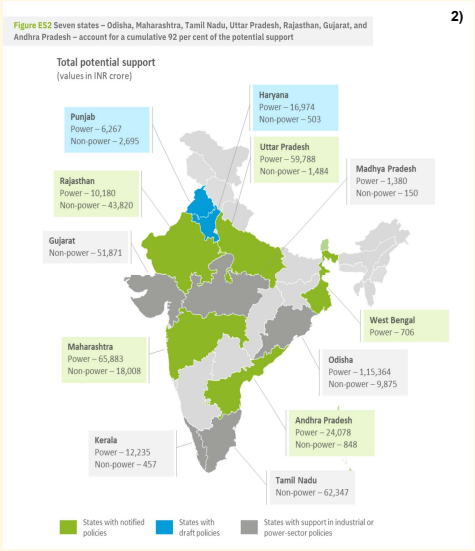
서아시아 수소 에너지 시장 글로벌 수소 사회 전략



1)







2)

사우디아라비아

- 세계 최대 그린 수소 플랜트 NEOM 헬리오스 프로젝트 (2026년 시운전 단계)
  4GW급 태양광, 풍력을 통한 650 ton/day 그린 수소 생산 설비
- 아람코(Aramco)중심 블루수소/암모니아 생산 프로젝트
- 독일, 대한민국, 일본과의 장기 구매 계약 체결
  (2040년 10.8 Mt의 수소/암모니아 수출 전망)

UAE

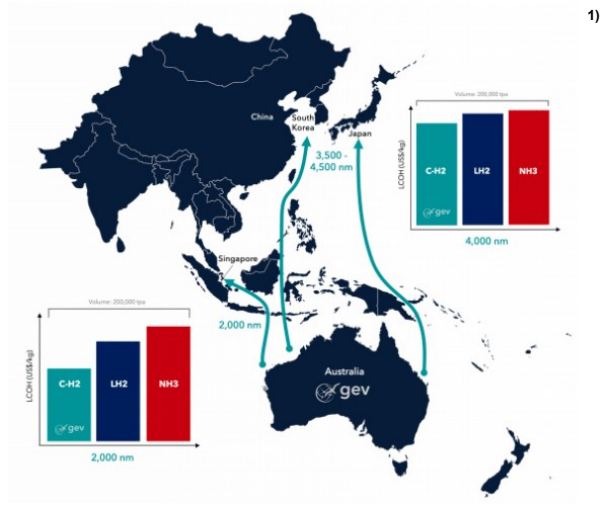
- 2031년까지의 연간 100만 톤의
  그린수소 및 40만 톤의 블루수소
  생산 목표
- 수소 생산–저장–수출 허브의
  수소 오아시스 단지 구축

인도

- 서아시아–동아시아로의
  수소 무역 중심지
- 그린수소 생산 단가 $2/kg_{H2}$ 목표
- 2030년까지 500만 톤/년의
  그린수소 생산 목표

출처: 1)The prospect of green hydrogen in Saudi Arabia, Enviro. Sci. and Pol. Res. 2024, 31, 6597-6609, 2)GH2 india, North Indian Green Hydrogen Overview

기타 주요국 수소 에너지 시장 글로벌 수소 사회 전략



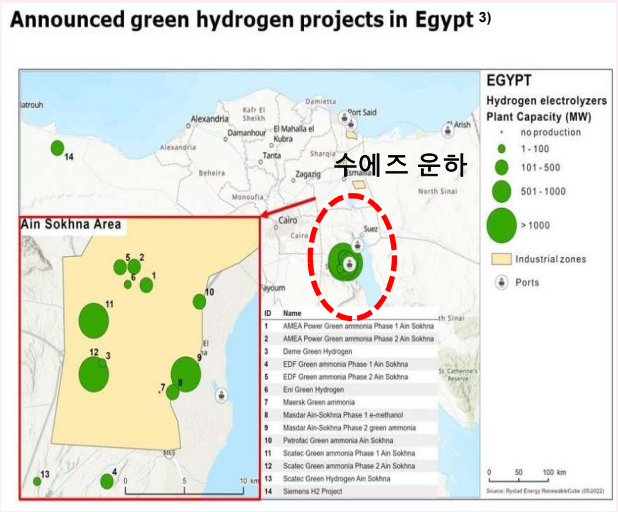
호주

- 국가 수소 전략을 통한 2040년 연간 1,210만 톤의 수소,암모니아 수출을 목표
- 암모니아를 통한 수소 수출 전략 (한국과 일본이 주요 수입국 예상)
- AREH 프로젝트를 통한 26 GW급 태양광, 풍력 기반 그린 수소 생산



칠레

- 대규모 태양광, 풍력 에너지원을 통한 그린 수소 생산 핵심 국가
- 2030년까지 내수 기반 단계적 확장을 통한 그린수소 생산 단가 $1.5/kg_{H2}$ 목표
- 네덜란드와의 그린 수소 협력 MOU 체결



이집트

- 지리적 유럽–아시아–아프리카를 잇는 중심지
- 수에즈 운하 경제구역(SCZONE) 중심 2040년까지 글로벌 수소 시장의 ~8% 점유를 목표
- 2023년 기준 연간 66.4만 톤의 암모니아 수출
- 그린 암모니아 전환에 집중

출처: 1)PV Magazine, Australia 2021, 2)Chile's Hydrogen Project Pipeline, Chile Ministry of Energy, 3)E&M Combustion, Egypt authorizes the production of green hydrogen 2022

전 세계 주요국 수소 에너지 전략 요약 및 비교

국가	주요 전략 (프로젝트)	수소 분류	생산 목표 (시기)	생산 단가 목표	수출/수입
한국	수소경제 활성화 로드맵	그린, 블루, 핑크	청정수소 발전 1.94Mt (2030)	4,000원/kg (2030)	수입
일본	수소사회추진법 (JERA 혼소)	그린, 블루	3Mt (2030)	$3/kg (2030)	수입
중국	15차 5개년 계획 (서수동송)	그린	수전해 100GW 이상 (2030)	$4/kg 미만	자급/기술수출
미국	Hydrogen Shot (1−1−1)	그린, 블루, 핑크	10MMT (2030)	$1/kg (2031)	내수/허브
캐나다	청정 연료 기금 (CFF)	블루, 그린	3.7Mt 수출 (2040)	–	수출
독일	H2Global (수입 경매)	그린	수전해 10GW (2030)	–	수입
프랑스	저탄소 수소 전략	핑크, 그린	수전해 6.5GW (2030)	–	자급
영국	저탄소 수소 합의 (LCHA)	그린, 블루	10GW (2030)	–	자급/허브
스페인	H2Med (BarMar)	그린	수전해 11GW (2030)	–	수출(유럽행)
칠레	2026−2030 액션 플랜	그린	0.5~1Mt (2030)	$1.5/kg (장기)	수출
사우디	NEOM Helios	그린, 블루	암모니아 1.2Mt/년 (2026)	–	수출
인도	국가 그린 수소 미션	그린	5MMT (2030)	$2/kg (2030)	수출/자급
호주	Hydrogen Headstart	그린	0.5~1.5Mt (2030)	–	최대 수출
이집트	SCZONE 프로젝트	그린	글로벌 점유율 8% (2040)	–	수출
카자흐스탄	Hyrasia One	그린	2Mt (2030)	–	수출


근미래 수소 사회 인프라

수소 배관망 네트워크 근미래 수소 사회 인프라

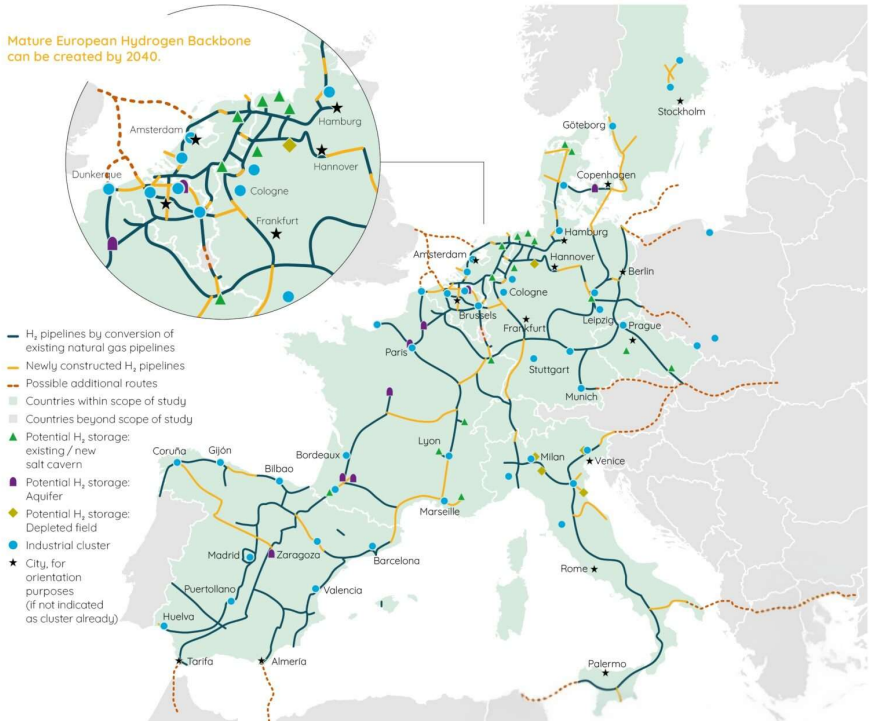
국내 수소 배관망 네트워크[1)]



포스코그룹 에너지 전환용 강재[2)]

수소배관용강재	고망간강
	
10bar 이상의 고압수소	영하 196℃ 극저온
용접부 포함 강도·인성·수소취화저항성 확보	항복강도 335MPa↑
수소 생산·저장·이송 배관 등	LNG·암모니아 저장탱크, 액화수소 저장탱크(예정)
고압(100bar) 소재 'API-X70' 개발 예정	IMO 국제표준 채택, 영하 253℃ 초저온 유지 제품 개발 중

유럽 수소 배관망 네트워크 (~2040년)[3)]



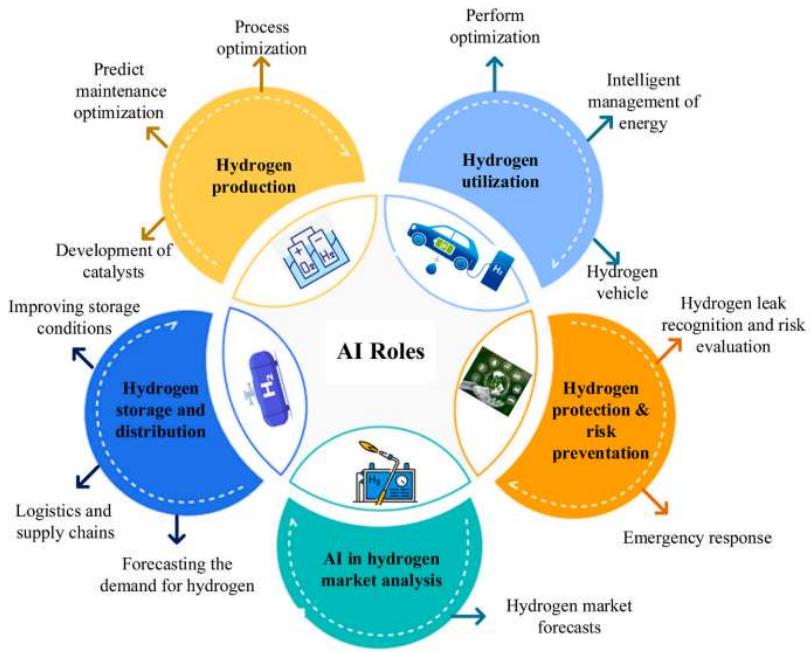
지역	수소튜브트레일러	수소 배관 길이 (m)
울산광역시	358	153,470
경기도	227 (+서울 46)	8,955
충청북도	12	630
충청남도	136	14,978
전라북도	8	7,380
전라남도	76	62,037
경상북도	38	4,100
경상남도	32	–
합계	933	251,550

- 유럽 내 30개 이상의 에너지 인프라 운영사가 참여하는 EHB(European hydrogen backbone) 사업
- 기존 LNG라인을 개조 활용하여 2030년 까지 약 31,000 km의 초기 네트워크 구축
- 2040년 까지 신규 수소 라인을 구축하여 53,000 km로 확장하고자 함.

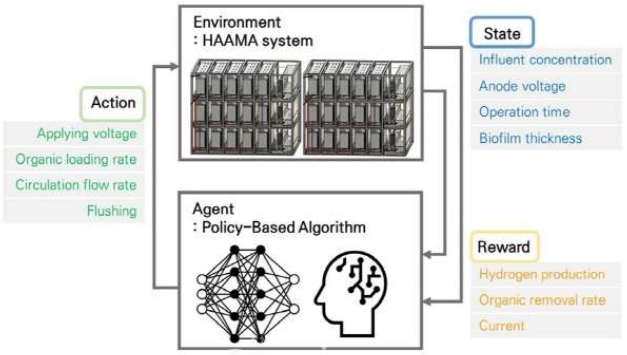
출처: 1)한국수소연합, 수소산업진흥전담기관, 수소경제 종합정보포털, 2)고망간강부터 PocMAC까지, 포스코그룹 뉴스룸 2025, 3)Offshore Energy, EHB updates vision of Europe hydrogen infrastructure, 2021

AI기반 수소 에너지 시스템 근미래 수소 사회 인프라

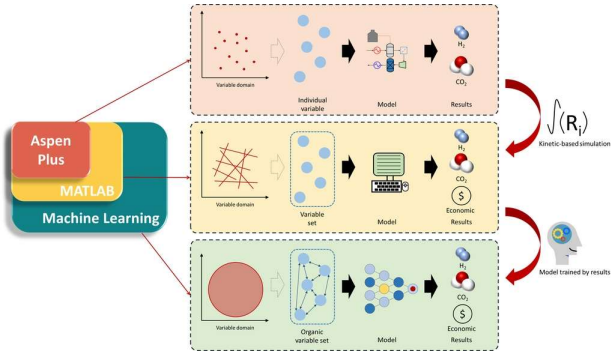
수소 에너지에서의 AI의 역할 [1)]



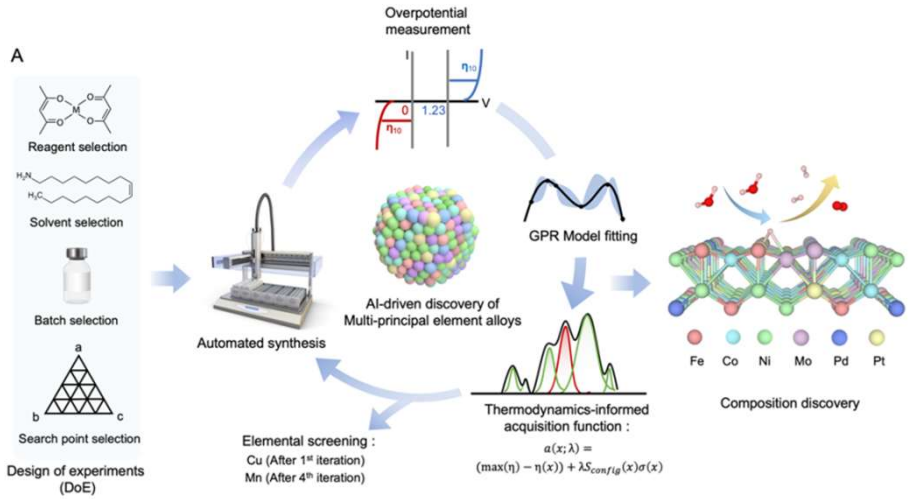
AI기반 그린수소 생성 성능 예측 및 자율운전 시스템 [2)]



머신러닝 접목 수소 생산비용 · CO_2 배출량 예측



AI기반 촉매 설계 시스템 [3)]



- AI기반 **소재 탐색**, 신규 촉매 탐색 가속화
- 공급망 최적화 및 **수요 예측, 생산망 관리, 물류 시스템 자동화**
- 수소 배관망 감시, 가상 시운전을 통한 **안전 관리 시스템 강화**
- 수소 **에너지 가격 예측** 및 트레이딩 결정
- 공정 내 전주기 분석을 통한 **청정 수소 인증 시스템 자동화**

출처: [1)]A. Z. Arsad et al., Renew. Sus. Ener. Rev. 2025, 224, 116121, [2)]바이오엑스, 그린수소 생산시스템 AI 기술 접목, 투데이에너지 2022, [3)]AI 기반 촉매 설계로 수소 생산 효율 극대화, KAIST, CalTech 공동성과, 산업종합저널, 2025

최신 수소 에너지 제품 가격 근미래 수소 사회 인프라

현대 The all-new NEXO[1)]



Exclusive (2026년 기준)

76,435,000 원

−22,500,000 원 (정부 보조금)

−10,000,000 원 (지자체 보조금)

대략 43,935,000 원

지자체 보조금에 따라 달라짐.



액화 암모니아 가격 [3)]

2026−04−26일 기준

609851.42 KRW/ton

삼척 교동 수소충전복합스테이션

수소 가격[2)]

주소 강원특별자치도 삼척시 교동 산 209

연락처 033-940-1071



충전잔량	충전가능	대기차량	가격(원)
103 (BAR)	충분	0 대 0 대	9,400

영업마감

- 인근1) 경동 수소복합충전소 : 249Km
  *주소 : 울산 북구 연암동 1263-4 경동가스충전소
- 인근2) 하이버스 인천신흥 수소충전소 : 301.4Km
  *주소 : 인천 중구 신흥동3가 65-25 (서해대로94번길 57-33)
- 인근3) 인천 경서 액화수소 자동차 충전소 : 318.3Km
  *주소 : 인천 서구 경서동 363-152 (경명대로 276)

운영정보

- 수소충전소 유형 : 단독
- 휴뮤일 : 연중무휴
- 영업시간 : 08:00 ~ 20:00
- 점심시간 : 없음
- 영업정지여부 : 해당없음

건물용 연료전지 (에스퓨얼셀)[4)]



- 현재 소형 가정용 연료전지의 경우 LNG, LPG를 연료로써 활용함
- 수소를 통한 건물용 연료전지의 경우 1kW급 기준 2200~2600만원 정도의 가격으로 책정됨 (2022년 기준)

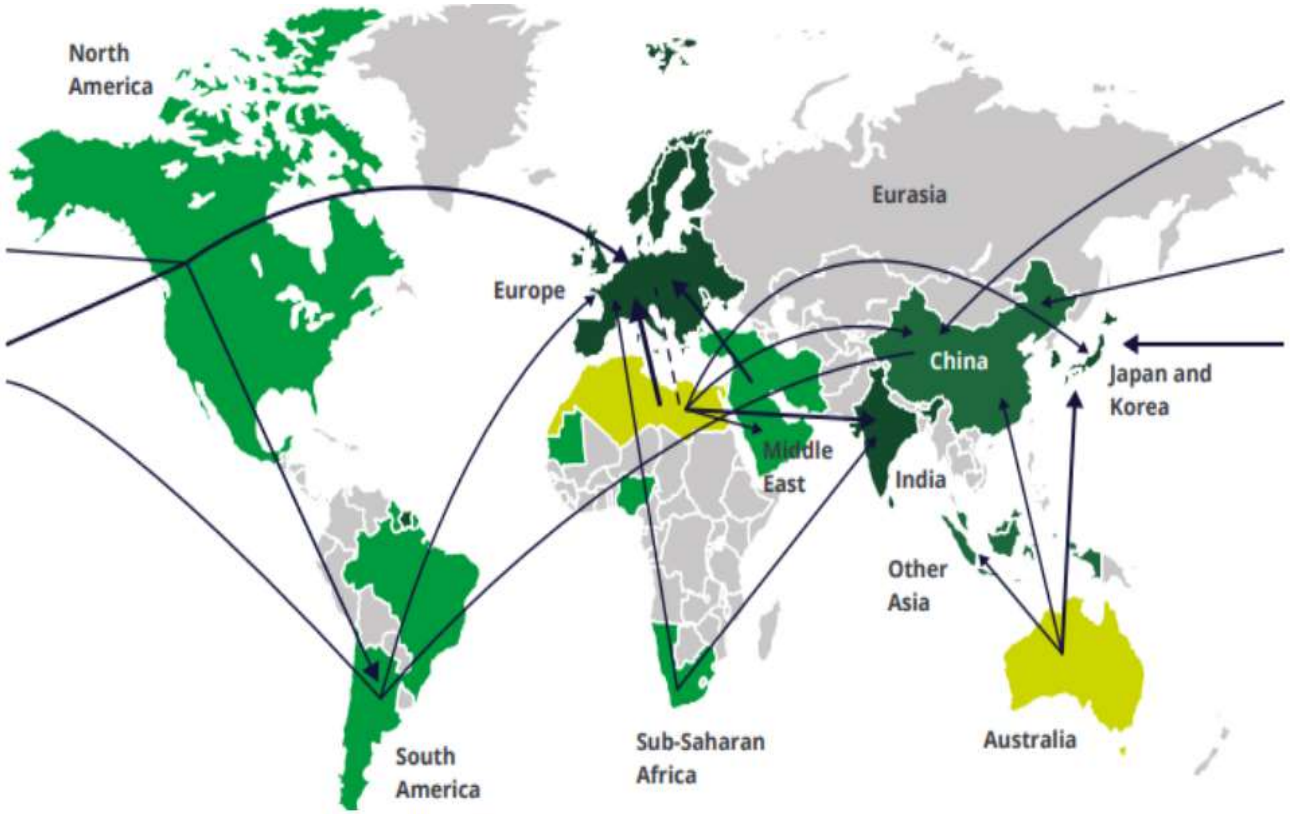
출처: [1)]현대자동차, [2)]무공해차 통합누리집, [3)]Sunsin Liquid Ammonia price, [4)]에스퓨얼셀, 건물용 연료전지

근미래 수소 사회 근미래 수소 사회 인프라

AI를 통해 그려본 근미래 수소 사회 인프라



근미래 수소 수입-수출 무역 루트[1)]



출처: [1)] Global Hydrogen Hub Market analysis and insights, 2023


Dissociation
Recombination
Desorption
Ru
Level
level
Level
Level

수고 많으셨습니다.